



HAL
open science

Améliorer les démarches d'écoconception en prenant en compte les connaissances locales

Yacine Baouch

► **To cite this version:**

Yacine Baouch. Améliorer les démarches d'écoconception en prenant en compte les connaissances locales. Eco-conception. Université Grenoble Alpes, 2016. Français. NNT : 2016GREAI026 . tel-01440811

HAL Id: tel-01440811

<https://theses.hal.science/tel-01440811>

Submitted on 24 Jan 2017

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

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

Spécialité : **Génie Industriel**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

Yacine BAOUCH

Thèse dirigée par **Daniel Brissaud** et
co-encadrée par **Franck POURROY** et **Peggy ZWOLINSKI**

préparée au sein du **Laboratoire G-SCOP**
dans l'**École Doctorale I-MEP2**

Améliorer les démarches d'écoconception en prenant en compte les connaissances locales

Thèse soutenue publiquement le **1 juillet 2016**
devant le jury composé de :

Madame Nadège TROUSSIER

Professeure à l'Université de Technologie de Troyes, Rapporteur

Madame Virginie GOEPP

Maître de conférences à Institut National des Sciences Appliquées de
Strasbourg, Rapporteur

Monsieur Wilson KINDLEIN Júnior

Professeur Titulaire, Université Fédérale de Rio Grande do Sul - UFRGS,
Brésil, Examineur et Président

Monsieur Daniel BRISSAUD

Professeur à l'Université de Grenoble, Directeur de thèse

Monsieur Franck POURROY

Maître de conférences à l'Université de Grenoble, co-encadrant de thèse

Madame Peggy ZWOLINSKI

Professeure à l'Université de Grenoble, co-encadrant de thèse



Résumé

L'écoconception d'un produit vise à réduire, dès sa phase de conception, son futur impact environnemental. Dans un contexte fortement concurrentiel, ceci peut être vécu comme une nouvelle contrainte venant s'ajouter à des processus industriels déjà très entravés. Les entreprises souhaitant appliquer de telles démarches sont donc à la recherche de solutions pour faciliter et renforcer l'intégration de l'environnement en conception, mais aussi faire en sorte de la rendre pérenne. L'originalité de cette thèse est d'aborder cette question selon la place des connaissances, et donc des acteurs, en montrant que ces difficultés d'intégration résultent d'un manque de connaissances locales. Nous proposons une réponse selon trois niveaux d'intervention afin d'améliorer ces démarches : (1) la méthode K²stor met en évidence, dans les processus d'écoconception, les défaillances liées à un besoin de connaissances locales, (2) l'approche K²afé crée des situations d'interaction entre acteurs en entreprise afin de construire des connaissances locales cibles et (3) K²alligraphie est un formalisme pour faciliter le partage des raisonnements propres aux modélisations en Analyse de Cycle de Vie entre ses praticiens. Ces trois propositions ont été mises à l'épreuve en milieu industriel ou selon des contextes directement inspirés de données réelles. L'observation et l'analyse de l'usage de ces propositions démontrent leur opérationnalité et leur efficacité. Ceci nous amène finalement à dresser les contours d'une plateforme dédiée à la construction de connaissances locales en écoconception.

Mots-clefs : Ecoconception, Connaissances locales, Construction de connaissance, Conception intégrée, Conception collaborative, Analyse de Cycle de Vie

Title : Taking local knowledge into account to improve ecodesign approaches

Abstract : In an ecodesign process, designers try to reduce the environmental impact of the product while keeping the usual objectives of competitiveness, quality, and time to market. In a highly competitive context, companies require support to easily and strongly integrate the environment, while, at the same time, keeping a real long term perspective. The originality of this thesis is that it addresses this challenge through knowledge, and thus stakeholder, perspective. We demonstrate how a lack of local knowledge can affect the integration of environmental concerns into the design process. That is why we propose a three step answer to improve the ecodesign approach: (1) K²stor methodology highlights failures linked to a need of local knowledge, (2) K²afé approach creates a social interaction situation between the stakeholders to construct target knowledge and (3) K²alligraphie is a formalism developed to facilitate the sharing of Life Cycle Analysis reasoning between its users. These three proposals have been tested in an industrial context and through observations. The analysis of the usage of these three propositions lead us to confirm their efficiency. Finally, an ecodesign knowledge platform is outlined.

Remerciements

Penser que l'aventure¹, que représente une thèse, est une expérience individuelle serait une erreur monumentale. La couverture de ce manuscrit ne laissant apparaître qu'un nom, ces pages de remerciements visent à évoquer toutes les personnes qui de près, ou de loin, ont permis à cette entreprise collective d'arriver à terme. Ces personnes étant tellement nombreuses que je dois commencer par m'excuser auprès de celles que je vais oublier...

Lors de la rédaction, je me demandais souvent si quelqu'un d'autre prendrait le temps de lire toutes ces pages. La pertinence et le sérieux des rapports de Nadège TROUSSIER et Virginie GOEPP m'ont apporté la réponse. Je les remercie donc infiniment d'avoir accepté de rapporter mes travaux et, par leurs remarques et questions, de m'avoir permis de réfléchir aux perspectives à leur donner. J'adresse aussi un chaleureux remerciement à Wilson KINDLEIN d'avoir accepté de présider mon jury et pour sa relecture complète de mon manuscrit.

Je remercie Franck POURROY et Peggy Zwolinski de m'avoir, contre toute attente, accepté en thèse. J'ai apprécié les qualités d'écoute, de patience et la rigueur intellectuelle dont Franck a toujours fait preuve avec moi. Quant à Peggy, elle a su me faire confiance et a apporté sa vision globale et pertinente qui m'a aidé à donner une direction à ces travaux.

Mes travaux se sont déroulés en partie au sein de l'entreprise Aubrilam et je remercie très sincèrement toutes les personnes que j'ai pu y rencontrer et qui m'ont consacré un peu de leur temps. J'ai une pensée toute particulière pour Sonia et Florent.

J'ai toujours apprécié au laboratoire G-Scop la multitude de domaines de recherche qu'il couvre et donc la richesse des personnes qui y gravitent. Un grand merci à tous les permanents avec qui j'ai pu discuter et qui m'ont toujours donné de bons conseils sur tous les sujets: Mathieu, Philippe, Eric, Jean-François, François, GuillaumeS, Maud, Khaled, PierreS... Je me dois aussi de particulièrement remercier le grand Guy PRUDHOMME. Un des rares permanents capable de passer de longues heures à vraiment vous écouter pour vous aider (et ce sans être un de ses doctorants). Le labo ne serait rien sans tous les personnels qui le font vivre au quotidien. Merci à tous ceux qui m'ont apporté leur aide pendant ces 4 années et tout particulièrement Marie-Jo et Fadila.

L'enseignement a eu une place importante pendant ma thèse. Et il est important de commencer par adresser un grand merci aux étudiants de GI qui m'ont permis de me changer les idées lors de ces années ou qui ont participé, à leur insu, à certaines de mes expériences. Ensuite, je dois chaleureusement remercier Guillaume T et Marie-Laure de m'avoir fait énormément confiance lors de ces activités d'enseignement. Merci à Laura pour le coup de main initial et tous les acteurs de la formidable plateforme GI Nova. Pierre-Marie B faisait partie de ces personnes qui en peu de temps sont capables de vous transmettre toute leur passion autour de leur métier. Son souvenir doit nous forcer à sans cesse se remettre en question et à toujours innover pour enseigner.

¹ Ou par moment le calvaire...

Une thèse ne peut être réussie sans partager des bières, des parties de cartes ou des bobuns, les collègues et amis doctorants sont donc indispensables. En voici une liste non-exhaustive :

Nico-Hippie avec qui j'ai partagé mon bureau dans la fournaise du 5B pendant de longues années et dont l'avis est toujours utile pour tout : la thèse, la rando ou les pizzas pomme de terre. L'université du 5B, Natalia la cuenta por favor, Popo pour son soutien, Anne-laure et Yohann pour leurs conseils. Il est impossible d'évoquer la 5B University sans nommer son éternel responsable sécurité : Cléclé dont le seul défaut serait peut-être d'être roux. Boris partenaire de bière, développeur informatique de chrono mais surtout penseur contraceptif. Marine et ses lunettes de soleil. Karim, un cousin. La déjantée Lucile, reine des paillettes. Tom Bauer, le souffle du comté. Camille, en avant les histoires. Olga, Pompette ++. Lucie le yoda de greenscop (pour la sagesse pas la taille). Les +1, Antho, Tonton, Camille BTT, Gwen, Cyril et son petit oiseau... Les Juliens, celui des montagnes et le musicien-danseur. Mathieu, le collabo. Ben, B3 un jour B3 toujours (et c'est un compliment), Chloé, le maître yoga. Les ADOC présentes et passées, Michael, Bérangère, Hugo, Alex, Matthieu, Grichka, Franckiki... Marcet et Mauricio.

Momo demi-sœur prise dans les méandres de la thèse, toi aussi tu auras droit à un paragraphe dédié. Je ne sais toujours pas si on a fait la même thèse mais dans tous les cas on a surmonté cette épreuve. Et comme disait Jacques Fourroux : « *Bien jouer, c'est gagner. Le reste c'est que du baratin* ». Comment parler de Maud sans penser à Manu et vice versa? Merci pour l'écoute, les conseils et de ne pas avoir trop cuisiné.

J'ai aussi une pensée pour les amis géographiques mais pas que : MC sans vertèbres et Sophie et ses meubles. Je remercie M Brosse, légendaire professeur de méca à Loritz, de m'avoir toujours poussé à me poser des questions grâce à ses « *Prouve-le !* ». Présents le jour J mais aussi depuis longtemps, Pépette et Antoine : merci pour tout.

Une thèse vient clore une (trop) longue scolarité, je pense donc à la PT double étoile et bien sûr à Cachan : les B3 (Champa, Les Bentis, Chouprot, La poutre de Rioz, K'you, Renaud, Stall, Niarff le chauffeur...), les B2 (CET, Frutal, Anne, Marie la rousse...), les A2B1 (Alex le grand, La brique, Totor, Biggi, Léo gb, Michou, Nico, Tuhi...), Cha (qui aurait pu être une B3), les chimistes, le trio d'anglaise etc...

Grâce à l'éternel Quinze de l'ENSET, la formidable Aspique, les Krotales invaincus ou les valeureux Catalans de Grenoble, le rugby aura été un excellent moyen de décompresser pendant ces années d'étude.

Pour m'avoir prêté une maison à la campagne afin de rédiger loin de toute technologie, pour avoir relu mon manuscrit, préparé le pot ou tout simplement pour avoir été présent à la soutenance, je remercie toute ma famille : mes parents, ma petite sœur, ma tante, mon oncle, mes cousins et Gentiane.

Soutien moral et logistique permanent, cette thèse n'aurait pu aboutir sans Emeline. Merci pour tout et surtout d'avoir toujours cru en moi.

Table des matières

RESUME	3
REMERCIEMENTS	5
TABLE DES MATIERES	7
TABLE DES FIGURES	13
TABLE DES TABLEAUX	15
INTRODUCTION	17
CHAPITRE 1 : L'INTERET INDUSTRIEL DE LA GESTION DES CONNAISSANCES DANS LE CAS DE L'ECOCONCEPTION	23
I. L'écoconception, une intégration difficile au sein des équipes de conception	24
A. La conception, un univers déjà très contraint	24
1. Un contexte industriel mondialisé et fortement concurrentiel	24
2. Le sacrosaint triptyque : qualité, coût, délais (QCD).....	24
3. Avec l'environnement, le triptyque devient « quadriptyque ».....	25
B. Outil, méthodes et expertise environnementale	25
1. Trop d'outils tue l'outil.....	25
2. Des méthodes d'écoconception peu flexibles	26
3. Les experts à la rescousse	27
C. Une expertise en développement	27
1. Une phase de transition.....	27
2. Des bases aux contours flous et évolutifs	28
3. Un changement de point de vue et une recherche de nouveaux compromis.....	29
II. Les besoins industriels vis-à-vis des démarches d'écoconception	29
A. Faciliter l'intégration de l'écoconception.....	29
B. Renforcer l'intégration.....	30
C. Rendre pérenne la démarche en entreprise	30
III. La gestion des connaissances comme solution à l'intégration de l'écoconception	31
A. La gestion des connaissances ou la prise en compte d'une ressource immatérielle	31
B. Une prédominance du système d'information	32
1. Aider les acteurs dans leurs activités	32
2. Soutenir globalement l'entreprise	33
C. L'acteur comme moteur des initiatives.....	33
1. « Communauté de connaissance »	33
2. Une vision « spatiale ».....	33
CHAPITRE 2 : CONSTRUCTION DE CONNAISSANCES EN ECOCONCEPTION, LES APPORTS DE LA LITTERATURE	35
I. Cadre théorique lié à la gestion des connaissances en écoconception	36
A. La conception est une activité cognitive.....	36
1. La conception est une suite d'activités	36
2. La conception : une activité collaborative	38

3. Une conception intégrée	39
4. La conception : une activité cognitive	40
B. Vers une définition de la connaissance ?	41
1. La connaissance à travers différentes approches	41
2. Comment prendre en compte le contexte individuel ?.....	43
3. Quelques caractérisations des éléments du champ des connaissances.....	45
C. L'écoconception : une activité de conception particulière	47
1. Définition de l'écoconception.....	47
2. Principes de l'écoconception	49
3. Un besoin de conception intégrée en écoconception	51
4. Des propriétés qui ne se limitent pas à un « point de vue ».....	52
5. L'importance de l'évaluation environnementale	52
II. Etat de l'art des travaux relatifs à la construction de connaissances locales en écoconception	54
A. Un besoin de connaissance en écoconception notamment locale	54
1. Un besoin de connaissances en écoconception.....	54
2. Des réponses partielles aux problèmes des connaissances en écoconception.....	54
3. Besoin de création de connaissances locales en écoconception.....	57
B. L'interaction sociale comme moyen de construction de connaissance	58
1. Les mécanismes de transformation des connaissances	58
2. Répondre au besoin de connaissance	60
3. Les interactions sociales pour la construction de connaissances	61
C. Les objets intermédiaires dans les interactions	63
1. De l'interaction à l'objet intermédiaire.....	63
2. Les objets intermédiaires de la conception	63
III. Problématiques de recherche	65
A. La construction de connaissance locales en écoconception.....	65
B. Leviers liés à cette construction de connaissances locales en écoconception.....	65
1. Levier n°1	65
2. Levier n°2	65
3. Levier n°3	65
CHAPITRE 3 : PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE RECHERCHE ET DU TERRAIN INDUSTRIEL.....	67
I. Objectifs et organisation des travaux.....	68
A. Objectifs de nos travaux	68
B. Organisation de nos travaux	68
II. Démarche de recherche envisagée	69
A. Description de la démarche de recherche envisagée	69
B. Justification de la démarche de recherche envisagée	69
1. S'appuyer sur un nombre de cas limité.....	70
2. Construire des savoirs à la fois théoriques et pratiques	70
C. Restreindre le champ de l'étude.....	71
1. L'Analyse de Cycle de Vie, une étape cruciale des démarches d'écoconception.....	71
2. Afficher une volonté d'entreprise	72
3. L'importance du niveau local dans les démarches d'écoconception	72
III. Adaptation de la démarche de recherche	72
A. Description de la démarche de recherche associée au levier n°1.....	72
B. Description de la démarche de recherche associée au levier n°2	74
C. Description de la démarche de recherche associée au levier n°3.....	75
IV. Aubrilam, un terrain d'observation pertinent	75
A. Présentation et organisation industrielle d'Aubrilam	75
1. Présentation de l'entreprise Aubrilam	75
2. Organisation industrielle d'Aubrilam	76

B. La démarche environnementale chez Aubrilam.....	76
1. Pour commencer, une volonté de communiquer.....	76
2. A présent, une intégration progressive	77
3. L'écoconception dans un futur proche ?.....	78
C. Implantation et observation d'une méthodologie d'écoconception chez Aubrilam	78
1. Implémentation d'une méthodologie d'écoconception.....	78
2. Un terrain d'observation riche	79

CHAPITRE 4 : MISE EN EVIDENCE DES DEFAILLANCES LIEES A UN BESOIN DE CONNAISSANCES LOCALES PAR LA CONSTRUCTION COLLABORATIVE DE SCENARIOS LIES A L'ECOCONCEPTION, LA METHODE K²STOR 81

I. Une méthode de diagnostic du manque de connaissance locale par la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception	82
A. Chaque projet d'écoconception est un cas particulier	82
B. Le « Scenario-Based Design » comme source d'inspiration pour notre méthode de diagnostic	83
1. Les scénarios dans le Scenario-Based Design	83
2. Les personas dans le Scenario-Based Design	84
C. K ² stor une méthode de diagnostic du manque de connaissances par la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception	85
1. Présentation de la méthode K ² stor	85
2. La construction des scénarios et des personas	86
3. L'analyse des scénarios	87
II. Mise à l'épreuve en milieu industriel.....	89
A. Préambules	89
1. Contexte industriel.....	89
2. Préparatifs de la méthode K ² stor	89
B. Scénario n°1 : Adaptation à une réglementation.....	90
1. Choix du scénario n°1.....	90
2. Construction du scénario n°1	90
3. Analyse du scénario n°1	92
C. Scénario n°2 : Consultation d'un expert	93
1. Choix du scénario n°2.....	93
2. Construction du scénario n°2.....	93
3. Analyse du scénario n°2	94
D. Scénario n°3 : Réalisation d'une Analyse de Cycle de Vie.....	94
1. Choix du scénario n°3.....	94
2. Construction du scénario n°3.....	95
3. Analyse du scénario n°3	96
E. Vers une légitimation pratique de la méthode K ² stor.....	96
III. Conclusion.....	97
A. Une méthode légitime.....	97
B. Perspectives	97

CHAPITRE 5 : LA CONSTRUCTION DE CONNAISSANCES LOCALES PAR LA MISE EN INTERACTION D'ACTEURS, L'APPROCHE K²AFE 99

I. Construire des connaissances par la mise en interaction des acteurs : l'approche K²afé	100
A. Analyse du besoin de construction de connaissances par une mise en interaction d'acteurs	100
1. Les interactions sociales pour construire des connaissances	100
2. Cibler les connaissances à construire.....	100
3. Besoin d'une approche générique.....	102
B. Proposition de l'approche K ² afé pour la construction de connaissances cibles	103
1. Objectif et principe de l'approche K ² afé	103
2. Des étapes à suivre et des rôles à endosser	103
3. Composition d'une situation d'interaction	105

C. Déclinaison de l'approche K ² afé face au problème d'implication des acteurs en ACV	106
1. Présentation de la déclinaison.....	106
2. Format de document support pour traiter le problème d'implication des acteurs en ACV.....	107
II. Une situation pilote pour évaluer l'efficacité de l'approche K²afé.....	108
A. Description de la situation pilote	108
1. Principe de la situation pilote	108
2. Présentation de la situation pilote	110
3. Evaluation de la situation pilote	111
B. Résultats de la situation pilote	112
1. Traitement des données	112
2. Critères C1, C2 et C3.....	113
3. Critères C4 et C5	114
4. Critère C6	115
C. Analyse de la situation pilote.....	117
1. Quelques limites	117
2. Analyse du déroulement de la situation pilote	117
3. Une construction de connaissances rendue possible par l'approche K ² afé.....	118
III. Conclusions	119
A. Une approche efficace.....	119
B. Des perspectives possibles à l'approche K ² afé	119
CHAPITRE 6 : LA K²ALLIGRAPHIE, UN FORMALISME POUR PARTAGER LES CONNAISSANCES LORS D'UNE ANALYSE DE CYCLE DE VIE.....	121
I. La K²alligraphie pour formaliser et partager les raisonnements lors d'une Analyse de Cycle de Vie ..	122
A. Formaliser les raisonnements en ACV	122
1. Un besoin de construction de connaissances par échanges asynchrones	122
2. Quels sont les besoins d'échanges asynchrones en ACV ?	122
3. Intérêt du formalisme Issue-Based Information System (IBIS).....	123
B. La K ² alligraphie un formalisme pour la création de notices explicatives d'ACV	125
1. Objectifs et principes de la K ² alligraphie	125
2. Construction d'une notice par la K ² alligraphie.....	126
3. Une forte intégration possible aux démarches d'écoconception.....	126
C. La K ² alligraphie en pratique d'après des données d'Aubrilam.....	128
1. L'ACV d'un produit d'Aubrilam.....	128
2. Construction de la notice de l'ACV du banc d'extérieur d'Aubrilam	128
3. Détails de la notice explicative de l'ACV du banc d'extérieur d'Aubrilam	129
II. Mise à l'épreuve du formalisme K²alligraphie lors d'une étude empirique en milieu académique.....	131
A. Description de l'étude empirique	131
1. Objectifs de l'étude empirique.....	131
2. Description de l'étude empirique.....	131
3. Déroulé et documents disponibles	132
4. Observations réalisées	132
B. Résultats de la séance observée	134
1. Traitement des données	134
2. Résultats de l'activité dans sa globalité	134
3. Résultats locaux : utilisation des documents	135
C. Analyse et limites	137
1. Quelques limites	137
2. Un déroulement positif de l'activité	137
3. Une notice explicative utile	137
III. Conclusions	138
A. Un formalisme utile.....	138
B. Des perspectives de développement en milieu industriel	138

CHAPITRE 7 : VERS UNE PLATEFORME DEDIEE AUX CONNAISSANCES EN ECOCONCEPTION ?	139
I. Une réponse globale.....	140
A. Une réponse en 3 étapes successives	140
B. Des étapes qui réalisées indépendamment sont utiles.....	141
C. Une réponse à l'épreuve des restrictions du champ d'étude	141
1. La méthode K ² stor	141
2. L'approche K ² afé.....	142
3. La K ² alligraphie.....	142
II. Perspectives d'études	143
A. Une plateforme dédiée aux connaissances en écoconception ?.....	143
1. Pourquoi une plateforme ?.....	143
2. Une première expression des besoins de la plateforme	143
B. Améliorer les démarches d'écoconception	144
1. Utilisation des rôles pour guider les démarches d'écoconception	144
2. Vers une cotation environnementale ?.....	145
C. « Mieux concevoir » pour écoconcevoir ?.....	145
1. La conception intégrée est toujours d'actualité	145
2. Une plateforme générale dédiée aux connaissances en conception	146
3. Résistance face aux changements	146
CONCLUSION.....	147
BIBLIOGRAPHIE	149

Table des figures

Figure 1. Exemples de solutions écoconçues	20
Figure 2. L'environnement parmi différentes considérations, adaptée de [Luttropp and Lagerstedt 2006]	25
Figure 3 Méthodologie d'écoconception des produits mécaniques selon la norme XP E 01-005 p6 [ISO 2009] .	26
Figure 4. Evolution du nombre d'entreprises françaises titulaires de l'Ecolabel Européen (source ecolabel.fr) ..	28
Figure 5. Organisations séquentielle et simultanée	38
Figure 6. Différents modes d'organisation de la conception.....	39
Figure 7. Phénomène du "over the wall" adapté de Boothroyd <i>et al.</i>	39
Figure 8. Exemple d'utilisation du formalisme IBIS	41
Figure 9. Une allégorie de la connaissance	42
Figure 10. Métaphore de l'iceberg de la connaissance adapté de [Vinck 1999]	44
Figure 11. Eléments et liens existants au sein du champ des connaissances.....	45
Figure 12. Cycle de vie d'un produit	49
Figure 13. Grille d'analyse selon 3 dimensions	56
Figure 14. Comparaison des initiatives relatives aux connaissances en écoconception selon 3 dimensions	57
Figure 15. Exemple de mécanisme de transformation de connaissance, adapté de Mougin <i>et al.</i>	59
Figure 16. Rôles dans la réutilisation de la connaissance [Markus 2001].....	59
Figure 17. Mécanisme de transfert de compétences.....	60
Figure 18. Comparaison des initiatives relatives aux connaissances en général selon 3 dimensions.....	61
Figure 19. Voies de recherche ascendante et descendante [Chalmers 1987] repris de [Cassier 2010]	70
Figure 20. Etapes et résultats de la DRM extraits de [Blessing and Chakrabarti 2009].....	71
Figure 21. Documents utilisés lors d'une revue de projet	73
Figure 22. Exemples de produits d'Aubrilam	76
Figure 23. PEP du mât d'éclairage MOSHI 140-5m extrait de p19 [Aubrilam 2009].....	77
Figure 24. Concept du banc « Wood&Stone ».....	78
Figure 25. Objectifs de la méthode à développer	83
Figure 26. Scénarios problème et utilisation	84
Figure 27. Description de la méthode K ² stor	86
Figure 28. Notion de rôle	87
Figure 29. Légende du formalisme utilisé.....	88
Figure 30. Extrait de l'analyse d'un scénario	88
Figure 31. Eléments du champ des connaissances	88
Figure 32. Synthèse du scénario problème n°1	92
Figure 33. Illustration de la construction d'une connaissance suite à un questionnaire	101
Figure 34. Principe des connaissances cibles	101
Figure 35. Objectif de l'approche K ² afé	103
Figure 36. Synthèse des étapes et des rôles de l'approche K ² afé	104

Figure 37. Composition d'une situation.....	105
Figure 38. L'approche K ² afé déclinée pour le thème de l'ACV.....	107
Figure 39. Réalisation, observation et évaluation d'une situation pilote	108
Figure 40. Photo et schéma de la réunion pilote	110
Figure 41. Sélection des 8 thèmes par comparaison des documents individuels	111
Figure 42. Données collectées lors de la situation pilote	111
Figure 43. Temps et prises de parole des participants.....	114
Figure 44. Répartition des temps de parole des participants	114
Figure 45. Répartition du nombre d'échanges directs.....	114
Figure 46. Evolution de l'utilisation des qualificatifs utilisés par P1	116
Figure 47. Evolution de l'utilisation des qualificatifs utilisés par P2	116
Figure 48. Evolution de l'utilisation des qualificatifs utilisés par P3	116
Figure 49. Besoin d'échanges en ACV.....	123
Figure 50. Exemple d'utilisation du formalisme IBIS	124
Figure 51. Banc d'extérieur étudié.....	128
Figure 52. Capture d'écran du logiciel EIME.....	129
Figure 53. Extrait de la notice explicative pour la phase "utilisation"	130
Figure 54. Extrait de la notice explicative pour la phase "production" des structures bois.....	130
Figure 55. Déroulement de la séance	132
Figure 56. Séance d'étalonnage	133
Figure 57. Schéma d'observation d'un groupe	133
Figure 58. Données observées et collectées	133
Figure 59. Activités d'écoconception associées à un rôle dans le cadre d'une démarche d'écoconception.....	144

Table des tableaux

Tableau 1. Description de la taxonomie de l'éducation nationale (extraits) p4 [Ministère de l'éducation nationale 2011]	42
Tableau 2. Taxonomie SOLO adaptée de [Biggs and Collis 1982]	46
Tableau 3. Liste non exhaustive des définitions de l'écoconception	48
Tableau 4. Classification des démarches d'écoconception adaptée de [Millet et al. 2003]	51
Tableau 5. Modèle SECI adapté de Nonaka <i>et al.</i>	58
Tableau 6. Extrait de la description de la grille RAINBOW[Cassier 2010]	74
Tableau 7. Entretiens menés chez Aubrilam lors de l'analyse du contexte de travail	79
Tableau 8. Eléments composant les guides d'entretiens	79
Tableau 9. Exemple de scénario extrait et traduit de [Rosson and Carroll 2002]	84
Tableau 10. Exemple d'un <i>persona</i> construit dans notre étude.....	85
Tableau 11. Description synthétique de l'entreprise Supercolor	90
Tableau 12. Synopsis du scénario n°1	90
Tableau 13. <i>Personas</i> intervenants dans le scénario n°1	91
Tableau 14. Exemple des liens entre l'entretien et des extraits du scénario problème n°1	91
Tableau 15. Extrait du scénario solution n°1	92
Tableau 16. Synopsis du scénario n°2.....	93
Tableau 17. <i>Persona</i> supplémentaire intervenant dans le scénario n°2.....	94
Tableau 18. Synopsis du scénario n°3.....	95
Tableau 19. Extrait du scénario n°3-1	95
Tableau 20. <i>Personas</i> supplémentaires intervenant dans le scénario n°3	95
Tableau 21. Taxonomie SOLO adaptée de [Biggs and Collis 1982]	102
Tableau 22. Principe du document support pour le thème de l'ACV.....	107
Tableau 23. Echelle d'influence et de certitude	108
Tableau 24. Description des services considérés	109
Tableau 25. Description des indicateurs étudiés	109
Tableau 26. Tableau utilisé comme document support	110
Tableau 27. Critères d'évaluation de l'approche	112
Tableau 28. Grille d'analyse des interactions	113
Tableau 29. Exemple de codage.....	113
Tableau 30. Lien entre les données observées et les critères d'évaluation	113
Tableau 31. Répartition des échanges entre les participants	114
Tableau 32. Evolution des réponses de P1, P2 et P3 sur les sujets évoqués lors de la réunion	116
Tableau 33. Réponses post réunion des participants P1, P2, P3, S et E	117
Tableau 34. Récapitulatif des éléments IBIS utilisés par le logiciel designVUE.....	124
Tableau 35. Symboles utilisés par la K ² alligraphie.....	126

Tableau 36. Typologie d'arguments utilisée par la K ² alligraphie	127
Tableau 37. Description des critères d'observation utilisés	132
Tableau 38. Comparaison de l'évolution des actions entre le groupe 1 et 2	135
Tableau 39. Comparaison de l'évolution des critères entre le groupe 1 et 2	135
Tableau 40. Comparaison de l'utilisation de [Tech] et [Doc] par les groupes 1 et 2	136

Introduction

La prise de conscience face aux problèmes environnementaux est de plus en plus partagée à tous les niveaux de nos sociétés : individus, entreprises, associations, états... Il est possible de trouver des actions concrètes engagées ces dernières années, par ces acteurs, en réponse aux préoccupations environnementales. Cette prise de conscience peut notamment s'expliquer par une situation environnementale préoccupante, une reconnaissance de responsabilité, et une volonté de tendre vers une société mondiale plus morale.

« *Quelque chose de fondamental ne tourne pas rond* », c'est ainsi qu'Al Gore déplorait la situation environnementale lors de son discours de réception du prix Nobel de la paix [Gore 2007]. Les rapports du Groupe d'expert Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) ne cessent depuis 1988 d'alerter les décideurs mondiaux au sujet des changements climatiques [GIEC 2014]. La biodiversité mondiale se dégrade, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) établit, par exemple, qu'en France métropolitaine 81 espèces² sont classées en « *danger critique* » de disparition [UICN 2014]. Les matières premières se raréfient, les réserves de certains métaux comme le zinc étant même évaluées à moins de 20 ans de consommation [Bihouix and de Guillebon 2010]. La situation environnementale se détériore et devient préoccupante d'autant plus qu'elle résulte en grande partie de l'activité humaine.

La responsabilité humaine a été démontrée scientifiquement depuis quelques années [GIEC 2007]. Le rôle des émissions de CO₂ dues aux activités humaines dans les phénomènes de réchauffement climatique est notamment établi. A une échelle régionale, la prolifération des algues vertes sur les côtes bretonnes est engendrée par l'apport excessif de nitrates issus de l'industrie agricole. A une échelle géographique encore plus réduite, la consommation annuelle de viande en France a augmenté de 70 à 84 kgec³ par habitant entre 1970 et 2013 [FranceAgriMer 2015]. Sachant que la production d'un seul kilogramme de bœuf requiert plus de 15400 litres d'eau, ce changement de comportement alimentaire ne peut qu'avoir un impact négatif sur les ressources naturelles [Mekonnen and Hoekstra 2012]. Ces quelques exemples montrent que la responsabilité humaine est à la fois individuelle et collective. Il est intéressant de remarquer que cette responsabilité peut également être décrite par un prisme géographique et plus globalement selon la richesse des pays. Entre 1850 et 2012, l'Europe et les États-Unis sont coupables des 51% de la quantité totale de CO₂ cumulée émise dans le monde⁴ alors qu'ils représentent seulement 15% de la population mondiale actuelle. Ce regard historique interpelle aussi vis à vis de la surexploitation des ressources naturelles des pays pauvres par ces mêmes pays riches. Il pourrait être rétorqué qu'actuellement un pays comme la Chine est devenu le premier émetteur de gaz à effet de serre. Ceci ne remet pas en cause que les pays riches sont les premiers responsables des dégradations environnementales pour au moins deux raisons : les chinois émettent individuellement moins de CO₂ que les américains (8.13 tCO₂e contre 19.8 tCO₂e) et la part de ces émissions dues aux exportations est loin d'être négligeable.

² Faunes et flores confondues, soit une proportion de 3,2% par rapport au total des 2468 espèces évaluées.

³ Le kilogramme équivalent carcasse (kgec) est une unité utilisée pour mesurer les flux de viande (bœuf, porc, veau, ovine, chevaline, volaille, lapin et gibier) [FranceAgriMer 2015]

⁴ Pourcentage calculé à partir des données du CAIT <http://cait.wri.org>

S'interroger sur la place des valeurs morales apporte un regard différent, et intéressant, dans ce débat. L'accumulation de ressources matérielles comme indicateur de réussite sociale n'est-elle pas le reflet d'un référentiel moral critiquable ? Kempf regrettait aussi ce constat par cette formule « *on ne revendique pas le pouvoir de vivre, mais le pouvoir d'achat* » [Kempf 2009]. Posséder chacun sa voiture plutôt que penser à organiser des covoiturages, n'est-ce pas un témoignage d'un certain individualisme ? Illich va même plus loin en comparant la consommation d'énergie de notre société à celle d'une drogue : « *Même si on découvrait une source d'énergie propre et abondante, la consommation massive d'énergie aurait toujours sur le corps social le même effet que l'intoxication par une drogue physiquement inoffensive, mais psychologiquement asservissante.* » [Illich 1973]. Cette addiction à l'énergie, et plus généralement à la consommation, est donc à « soigner » d'autant plus qu'elle n'est pas l'unique moyen de l'épanouissement Humain. Latouche, penseur de la décroissance, abonde dans ce sens : « *Le bien et le bonheur peuvent s'accomplir à moindres frais. La plupart des sages considèrent que le bonheur se réalise dans la satisfaction d'un nombre judicieusement limité des besoins* » [Latouche 2003]. Une société à la fois morale et respectueuse de l'environnement n'est donc pas un idéal compatible, il est indissociable. Appréhender la question des problèmes environnementaux par l'angle de la moralité a l'avantage de surmonter l'éternel débat de chiffres et d'experts concernant l'ampleur, voir quelques fois la réalité, de ces phénomènes mais aussi de dépasser le sentiment de culpabilité.

Il est donc nécessaire d'agir car la situation environnementale l'exige, car l'Humanité dans sa globalité en est responsable mais aussi (surtout ?) car cela donne une occasion de tendre vers une société plus morale. Face à ce défi, le concept de développement durable a émergé [Brundtland 1987]. Il se donne comme objectifs de « *répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs* ». Même si ce mode de développement, tel que le définit Brundtland dans son rapport, peut être critiqué⁵ notamment sur la notion de *croissance* [Buclet 2011], ses trois piliers (environnemental, économique et social) offrent autant de thèmes d'action.

Les études liées à l'environnement aboutissent à une meilleure compréhension des mécanismes naturels. Cela permet d'alerter face aux effets de seuils⁶ au sein de la biosphère [Kempf 2009]. Il est aussi intéressant de développer des outils d'évaluation environnementaux précis afin de prévenir des éventuelles dégradations. « *Les ressources naturelles sont inépuisables, car sans cela nous ne les obtiendrions pas gratuitement. Ne pouvant être ni multipliées, ni épuisées, elles ne sont pas l'objet des sciences économiques* ». Cette citation⁷ de l'économiste français Jean-Baptiste Say (1767-1832) montre que les réflexions économiques n'ont pas toujours été intimement liées aux préoccupations environnementales.

Pourtant Rifkin⁸, qui a travaillé auprès de l'Union Européenne pour la rédaction du plan « 20-20-20 en 2020 », dira « *ce qu'il faut à [l'Europe] ce n'est pas un plan sur le changement climatique, ni sur l'énergie, mais un plan de développement économique durable* » p105 [Rifkin 2011]. Relever le défi de la crise environnementale ne peut se limiter à « de bons gestes pour la planète » et doit comporter, à minima, une remise en cause du système économique actuel. La

⁵ Cité par Rio et qui en livre une analyse plus détaillée en p246 [Rio 2012]

⁶ L'arrêt d'une perturbation n'entraîne pas systématiquement un retour à la situation environnementale initiale.

⁷ Reprise de *l'Antimanuel d'économie* de Bernard Maris p296 [Maris 2003]

⁸ Essayiste américain, économiste, auteur, conseiller auprès de nombreuses institutions.

place du concept de *croissance* ne peut que nous interpeller et constitue un bel exemple des chantiers à engager. La quête de la *croissance* paraît inévitable tant elle est devenue un saint graal économique et ainsi l'indicateur majeur de réussite des politiques publiques. Pourtant, Maris décrit cette quête comme « *une lutte contre la rareté par la mobilisation de facteurs de production que sont le travail, le capital, la terre (la nature), la technologie* » p302 [Maris 2003]. Il paraît donc difficile de concilier⁹ croissance et préservation environnementale. Les modes de production doivent aussi être questionnés et tout particulièrement celui de l'énergie. Cheval de bataille de Rifkin, ce changement est décrit comme l'accomplissement d'une « *troisième révolution industrielle* » [Rifkin 2011]. Il s'agit de baser la production non pas sur une seule source d'énergie, mais de s'appuyer sur un mix d'énergies totalement renouvelables. L'intermittente disponibilité de ces énergies conduit Rifkin à mettre en avant l'urgence de développement de technologies de stockage efficaces. Cette « *troisième révolution industrielle* » repose également sur des éléments plus « sociaux » car impliquant fortement les citoyens.

Rifkin prône la multiplication des centrales de production énergétique de taille réduite. Il s'agit de mettre fin au réseau étoilé, centré sur une unité importante qui alimente une multitude de satellites, pour aller vers une production collaborative. A l'échelle, par exemple, d'un quartier, un immeuble devient une centrale de production non dédiée à ses seuls habitants mais avec la vocation d'alimenter aussi ses voisins. Lorsque le vent soufflera, les immeubles utilisant l'énergie éolienne alimenteront le quartier, et lorsque le soleil brillera ce sera au tour de ceux disposant de panneaux photovoltaïques. Cette production collaborative d'énergie repose sur un besoin d'interconnexion, que Rifkin décrit comme « *l'internet de l'énergie* » [Rifkin 2011]. Cette vision place les citoyens plus au cœur des changements nécessaires : de consommateurs, ils deviennent acteurs. Le pilier social du développement durable est quelques fois oublié alors que la question des inégalités sociales ne peut être occultée. Ce n'est pas un hasard si les pays¹⁰ les plus vulnérables aux changements climatiques sont parmi les plus pauvres de la planète [Maplecroft 2013]. Le développement durable ne doit pas aboutir à un monde partagé entre ceux qui peuvent se protéger des conséquences de la crise environnementale (dont ils sont bien souvent les responsables) et les autres.

L'industrie est une partie prenante majeure des trois piliers du développement durable. Le secteur industriel, en tant que premier contributeur en termes d'impact environnemental, est naturellement visé par les différentes réglementations environnementales. Interdiction des gaz chlorofluorocarbure (CFC) dans les aérosols, limitation des émissions toxiques d'échappement automobile, restriction de l'usage de certains pesticides dans le secteur agroalimentaire... Les exemples sont nombreux. Mais ce domaine d'activité n'est pas uniquement contraint à une attitude passive : il est peut-être également proactif. Par exemple en proposant des produits rechargeables, les industriels des secteurs de la cosmétique ou de l'alimentaire permettent aux consommateurs de diminuer leurs impacts environnementaux, en diminuant leur production de déchets ménagers. Des initiatives de type Produit Système Service (PSS) tel que l'auto lib' à Paris, le véloStan à Nancy ou les photocopieurs Xerox sont aussi à noter. Incluses plus généralement au sein d'une économie de la fonctionnalité, elles illustrent toutes un changement de paradigme visant à vendre l'usage d'un produit plutôt que sa possession. L'industrie peut

⁹ « *tout surcroît de croissance du PIB correspond aujourd'hui à une décroissance des potentialités de vie sur terre* » p36 [Kempf 2009]

¹⁰ D'après l'étude citée, il s'agit du Bangladesh, de la Guinée-Bissau, de la Sierra Leone, d'Haïti, du Soudan, du Nigeria, de la République démocratique du Congo, du Cambodge, des Philippines et de l'Ethiopie.

donc limiter son impact environnemental en améliorant ses outils de production, mais aussi son offre de biens et service. L'écoconception, c'est-à-dire la diminution de l'impact d'un produit dès sa conception, est un formidable outil face aux problèmes environnementaux.



Figure 1. Exemples de solutions écoconçues

Notre rôle en tant que chercheur en sciences industrielles va donc être de faciliter l'intégration de la dimension environnementale en fournissant outils et méthodes aux industriels. Ceci pour qu'à terme, l'absence de prise en compte des préoccupations environnementales ne soit causée que par un manque de volonté et non par des difficultés pratiques.

« *Penser global, agir local*¹¹ », ce slogan synthétise la particularité d'une démarche de développement durable. Bien qu'il soit question de phénomènes et de mécanismes globaux (changements climatiques, économie mondialisée etc...), les moyens d'actions doivent être aussi locaux. Nous retenons de cette formule que la place de l'individu est donc prépondérante. Comme le fait remarquer Lourdel dans sa thèse « *le développement durable est un processus qui ne peut être conçu que dans une optique de situation évolutive, ce qui implique qu'aucune solution ne peut être donnée comme définitive* » [Lourdel 2005]. L'individu est donc au centre de ces démarches car il a la capacité de juger, de penser, d'évaluer la situation à laquelle il prend part. Cette capacité de l'individu, que nous pouvons aussi appeler connaissance, lui permet donc de mener au mieux les actions nécessaires.

Les travaux que nous présentons ici ont pour objectif d'améliorer la prise en compte de l'environnement au sein des processus de conception, avec un regard particulier sur la place des connaissances dans ces démarches. Cette thèse se veut être un élément de solution pratique et exploitable par les acteurs industriels. Ce travail s'appuie, entre autres, sur mes expériences industrielles dont deux particulièrement majeures. La première est une immersion complète d'une durée de six mois au sein du service packaging de la division des produits professionnels d'un groupe de cosmétique. La seconde est une collaboration, d'environ deux ans, avec une PME française spécialisée dans l'éclairage d'extérieur et le mobilier urbain en bois. Les résultats de notre recherche sont présentés dans cette thèse qui est structurée en sept chapitres.

Dans le **chapitre 1** nous dresserons le constat de la pénétration des démarches d'écoconception dans le milieu industriel. Nous verrons que dans un contexte fortement concurrentiel, la prise en compte de l'environnement peut être vécue comme une contrainte supplémentaire. Elle nécessite de nombreux outils et méthodes dédiés, ainsi que le support d'experts du domaine. Néanmoins, ce chapitre permettra de montrer que les différentes notions regroupées sous le

¹¹ Slogan rendu célèbre par René Dubos, biologiste français, dans un rapport intitulé « *Nous n'avons qu'une Terre* » rédigé en 1972 pour la 1ère conférence des Nations-Unies sur l'environnement de Stockholm.

terme de gestion des connaissances apportent des solutions. Dans ce chapitre nous montrerons l'intérêt industriel de la gestion des connaissances dans le cas de l'écoconception.

Ceci nous amènera naturellement à investiguer cette thématique par une étude bibliographique dans **le chapitre 2**. Nous commencerons par construire un cadre théorique précis sur les notions de conception, de connaissance et d'écoconception. Nous montrerons ensuite que les difficultés d'intégration de l'environnement en conception peuvent s'expliquer par un manque de connaissances de niveau local. Nous exposerons la problématique de notre recherche qui débouchera sur la question suivante : « Comment améliorer les démarches d'écoconception en prenant en compte les connaissances locales ? » Nous identifierons également les trois leviers majeurs pour répondre à cette question.

Le positionnement méthodologique de nos travaux sera fait au début du **chapitre 3**. Nous ferons la description de la méthode de recherche globale envisagée et du cadre d'étude retenu. Ce chapitre détaillera ensuite la méthodologie suivie pour chacun des leviers étudiés. Il se conclura par la présentation du terrain industriel utilisé dans nos travaux.

Le chapitre 4 sera consacré à présentation de la méthode K²stor une méthode de mise en évidence des défaillances liées à un besoin de connaissance, basée sur la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception. Cette proposition sera mise à l'épreuve d'un milieu industriel ce qui nous permettra de statuer quant à sa légitimité pratique.

Dans **le chapitre 5** nous proposerons une approche pour la mise en interaction des acteurs d'une entreprise dans le but de construire des connaissances locales. Intitulée K²afé, cette approche est générique pour pouvoir s'adapter à chaque contexte industriel, et donc permettre de générer des connaissances locales. Elle sera implémentée et observée lors d'une situation pilote en milieu académique afin d'évaluer son efficience.

Dans **le chapitre 6** nous démontrerons le potentiel d'efficacité d'un formalisme pour la réalisation de notices explicatives d'Analyse de Cycle de Vie. La K²alligraphie permet de faciliter le partage des raisonnements qui ont amené à certains choix et hypothèses de modélisation, et au-delà, le partage des connaissances associées.

Enfin, dans **le chapitre 7** nous confronterons nos propositions à la problématique initiale de notre recherche. Nous verrons que l'amélioration des démarches d'écoconception pourrait être soutenue par une plateforme dédiée à la co-construction de connaissances locales. Les contours de cette plateforme seront dressés, ainsi que des perspectives d'études à nos travaux.

Chapitre 1 : L'intérêt industriel de la gestion des connaissances dans le cas de l'écoconception

Résumé : Dans ce chapitre, nous dressons le constat de la pénétration des démarches d'écoconception dans le milieu industriel. Les industriels doivent évoluer au sein d'un nouveau paradigme, c'est-à-dire selon des principes nouveaux, prenant en compte l'environnement. Dans un contexte fortement concurrentiel, cette prise en compte de l'environnement peut être vécue comme une contrainte venant s'ajouter à des processus déjà très entravés. Elle nécessite de nombreux outils et méthodes dédiés ainsi que le support d'experts du domaine. De plus, l'écoconception repose sur des bases toujours en cours de construction et difficiles à cerner car directement liées à *l'environnement*. En effet, l'ensemble de ses caractéristiques est difficilement explicitable. Les entreprises souhaitant entamer de telles démarches ont besoin de moyens pour faciliter la prise en compte de cette dimension. Des solutions sont nécessaires pour renforcer l'intégration et faire en sorte de la rendre pérenne. Les besoins industriels identifiés montrent que des initiatives liées au partage d'expérience et de connaissances peuvent s'avérer utiles pour installer la démarche en entreprise. Regroupant différentes notions, la gestion des connaissances apporte des initiatives qui peuvent être distinguées selon l'importance du rôle joué par les systèmes d'information. Ceci nous amènera dans le chapitre suivant à étudier la place de la gestion des connaissances dans le cas particulier de l'écoconception.

I. L'écoconception, une intégration difficile au sein des équipes de conception	24
A. La conception, un univers déjà très contraint	24
1. Un contexte industriel mondialisé et fortement concurrentiel	24
2. Le sacrosaint triptyque : qualité, coût, délais (QCD).....	24
3. Avec l'environnement, le triptyque devient « quadriptyque ».....	25
B. Outil, méthodes et expertise environnementale	25
1. Trop d'outils tue l'outil.....	25
2. Des méthodes d'écoconception peu flexibles	26
3. Les experts à la rescousse	27
C. Une expertise en développement	27
1. Une phase de transition.....	27
2. Des bases aux contours flous et évolutifs	28
3. Un changement de vision et une recherche de nouveaux compromis	29
II. Les besoins industriels vis-à-vis des démarches d'écoconception	29
A. Faciliter l'intégration de l'écoconception	29
B. Renforcer l'intégration.....	30
C. Rendre pérenne la démarche en entreprise	30
III. La gestion des connaissances comme solution à l'intégration de l'écoconception	31
A. La gestion des connaissances ou la prise en compte d'une ressource immatérielle	31
B. Une prédominance du système d'information	32
1. Aider les acteurs dans leurs activités	32
2. Soutenir globalement l'entreprise.....	33
C. L'acteur comme moteur des initiatives.....	33
1. « Communauté de connaissance ».....	33
2. Une vision « spatiale ».....	33

I. L'écoconception, une intégration difficile au sein des équipes de conception

A. La conception, un univers déjà très contraint

1. *Un contexte industriel mondialisé et fortement concurrentiel*

Des mâts d'éclairage fabriqués à Brioude en Auvergne illuminent une promenade de bord de mer à Dubaï. Un flacon de shampoing est pensé à New-York, conçu à Paris, son moule d'injection est usiné en Allemagne, il est produit par millions en Espagne pour enfin être vendu en Afrique. Ces exemples d'Aubrillam et de L'Oréal montrent que les frontières n'existent plus pour l'industrie, que ce soit pour le marché de vente ou pour l'organisation des flux de l'entreprise. Nous surprendrons également peu de monde en faisant le constat que le monde industriel est fortement concurrentiel. Des entreprises se font racheter, de nouvelles apparaissent, d'autres changent de domaine d'activité : les décennies d'équilibre concurrentiel appartiennent au passé.

La performance des entreprises va aujourd'hui résider dans leur capacité à réagir rapidement en proposant de nombreux produits innovants tout en réussissant à garder leur identité propre pour être identifiées sur le marché. Ainsi, les produits deviennent complexes et font appel à de nombreux domaines techniques en perpétuelle évolution qui ne sont pas forcément maîtrisés par les entreprises. Nous assistons également à des offres nouvelles qui ne se limitent plus à la fourniture d'un produit seul, mais qui proposent de satisfaire des besoins via des produits et des offres de services associés (applications smartphone...).

Dans ce contexte mouvant, les entreprises doivent obligatoirement maîtriser le triptyque coût-qualité-délais.

2. *Le sacrosaint triptyque : qualité, coût, délais (QCD)*

Ce triple challenge n'est pas une nouveauté tant il fait partie des fondamentaux de l'industrie manufacturière. Il reste toujours d'actualité car il s'agit d'un impératif pour envisager d'être concurrentiel.

Résultat d'équations économiques souvent complexes, le coût cible d'un produit joue un rôle primordial dans le développement de celui-ci. Sachant que 85% des coûts engagés sur un produit sont décidés dès la phase de conception préliminaire [Berliner and Brimson 1988], les choix de définition du produit sont primordiaux. A titre d'exemple, la réduction de quelques milligrammes d'une capsule en plastique d'un tube cosmétique va représenter des sommes considérables sur des volumes de production de plusieurs millions d'unités. C'est pourquoi l'évaluation et la maîtrise des coûts sont importantes dans le déroulement des projets.

Réduire la différence entre les attentes d'un client à propos d'un produit et la performance qu'il perçoit de ce même produit est un autre défi pour les industriels. Le cahier des charges est rédigé avec cet objectif et il est possible de juger de la qualité d'un produit par le respect de son cahier des charges. Cette qualité doit être respectée pour toutes les productions et ce même lorsqu'elles sont distribuées sur plusieurs unités géographiques. Cette qualité peut être liée à des éléments propres au produit (cela oblige, par exemple, Aubrillam à éliminer les poches de sève qui peuvent exister sur les planches de bois de ses bancs). La qualité peut aussi être liée à l'image que veut donner la marque au client. Toujours dans un souci d'illustration, nous pouvons évoquer L'Oréal. L'entreprise impose une plage colorimétrique réduite à ses flacons afin de

garantir une uniformité visuelle lors de la mise en rayon. Garantir la qualité d'un produit est un challenge perpétuel pour les industriels, notamment parce qu'il concerne de nombreuses dimensions de la conception.

Concernant les délais, nous pouvons noter que les temps de livraison des produits ont été considérablement réduits. Ainsi, la réactivité des entreprises, quelques fois caractérisée par l'indicateur *time-to-market*, doit sans cesse être améliorée. Pour L'Oréal, être présent sur le marché avant un concurrent peut s'avérer crucial. Pour Aubrilam, il faut respecter les délais des commandes car l'installation de mobilier urbain prend place dans des projets de travaux publics plus globaux.

Chaque élément du triptyque QCD nécessite une prise en compte particulière, mais l'interdépendance de ces éléments rend leur maîtrise encore plus difficile. La prise en compte de l'environnement ne va pas simplifier ce constat.

3. Avec l'environnement, le triptyque devient « quadriptyque »

Mais pourquoi complexifier un problème déjà complexe ? Lors du chapitre introductif, nous avons évoqué les raisons sociales, économiques ou encore environnementales qui poussent à intégrer l'environnement en conception. D'un point de vue plus pragmatique, notons également que la pression du cadre réglementaire ainsi que celle des consommateurs s'accroît, poussant les entreprises à prendre en compte l'environnement dans le développement de leurs produits.

Prenons quelques exemples pour montrer qu'il existe une interdépendance entre le triptyque classique QCD et ce nouveau critère environnemental. L'utilisation de matière recyclée en injection plastique a tendance à augmenter les variations de couleur des flacons fabriqués. Transporter ces mêmes flacons par bateaux plutôt que par avion conduit à augmenter le temps de livraison. Et réduire la quantité d'emballage utilisée pour les conditionner va diminuer la contribution à Eco-emballage et donc le coût du produit. Il existe donc bien une nouvelle dimension à prendre en compte, au même titre que le triptyque évoqué en I.A.2. C'est pourquoi nous utilisons le néologisme de *quadriptyque* dans le titre de ce paragraphe.



Figure 2. L'environnement parmi différentes considérations, adaptée de [Luttropp and Lagerstedt 2006]

Comme Luttropp *et al.* le mettaient en avant, l'environnement apparaît comme une considération qui s'ajoute à de nombreuses autres déjà présentes dans le processus de développement de produit (voir Figure 2). Pour l'appréhender, la tendance est d'utiliser des outils, des méthodes, et également de faire appel à des « experts ».

B. Outil, méthodes et expertise environnementale

1. Trop d'outils tue l'outil

En écoconception, il est nécessaire d'utiliser des outils dédiés qui viennent s'ajouter à ceux déjà présents lors des activités des concepteurs. Par exemple, l'évaluation environnementale est un élément fondamental dans une démarche d'écoconception, et l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une méthode qui permet de la réaliser. Ce que nous voulons évoquer ici, c'est que l'offre de

logiciels d'ACV est si importante¹² qu'il existe une fiche des techniques de l'ingénieur pour aider dans leurs choix [Pons 2008]. D'une manière plus générale, Bauman *et al.* recensent plus de 150 outils pour soutenir les activités d'écoconception [Baumann, Boons, and Bragd 2002]. Les travaux de Pardo *et al.* en viennent à aider les concepteurs à choisir l'outil approprié selon le type de projet [Ricardo J. Hernandez Pardo et al. 2011]. En plus des difficultés de choix, la prise en main et l'utilisation de tels logiciels et outils s'avèrent complexes pour des utilisateurs non experts. Des connaissances particulières sont nécessaires.

Après le *comment se servir des outils* ? Il est également intéressant de s'intéresser à *comment les utiliser dans une démarche de conception* ? Les méthodes d'écoconception apportent une réponse à cette question. En effet, elles visent à agencer les différentes étapes et activités de conception afin de prendre en compte le critère environnemental.

2. Des méthodes d'écoconception peu flexibles

Les processus de conception « classique » sont en réalité assez flous, et malgré des procédures quelquefois formalisées par les entreprises, le pragmatisme est de mise¹³. A titre d'exemple, chez l'Oréal, l'organisation est centrée autour du service marketing et cela rend ses décisions prépondérantes sur les autres départements. Ainsi, il n'est pas rare de constater que les cahiers des charges se modifient drastiquement au cours d'un projet. Le produit peut soudainement évoluer d'un pot à un tube. Cependant, il semble que ces désagréments n'aient que peu d'impact sur la qualité finale du produit grâce à l'importante réactivité et souplesse des services.

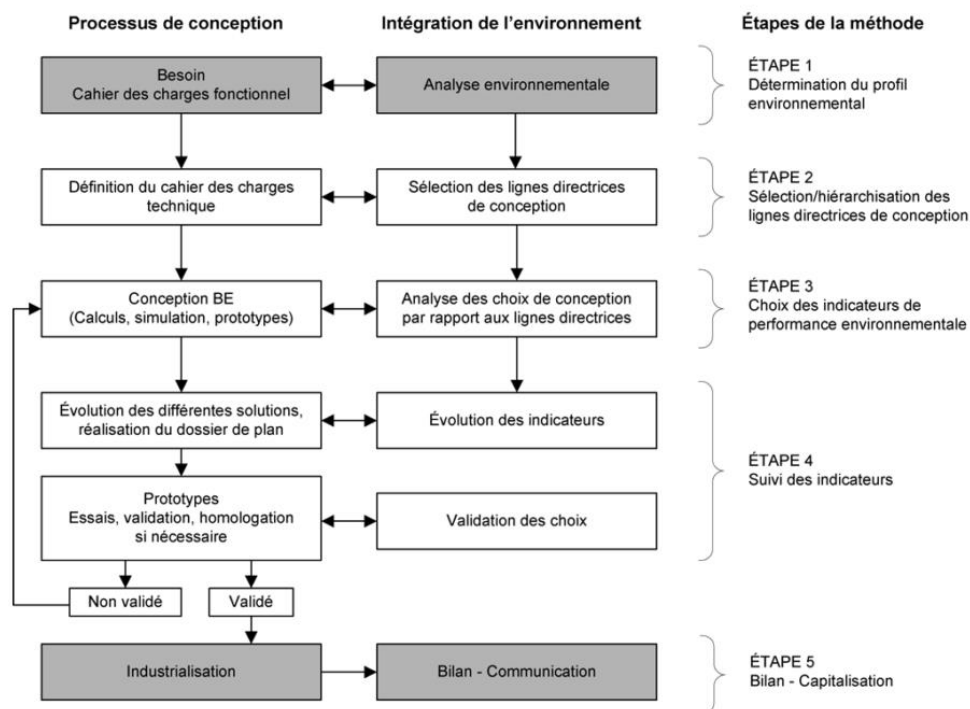


Figure 3 Méthodologie d'écoconception des produits mécaniques selon la norme XP E 01-005 p6 [ISO 2009]

¹² Pas moins de 30 logiciels différents ont recensés en 2008 [Pons 2008]

¹³ Qui pourrait se résumer à cette règle « Tant que ça marche, on ne change rien ».

Dans le cas de l'écoconception, les méthodes préconisées s'appuient sur des processus de conception supposés établis. Comment imaginer, dans le cas par exemple de la norme XP E 001-05 (voir Figure 3), qu'une entreprise réussisse à intégrer les étapes relatives à l'intégration de l'environnement si elle ne suit déjà pas les étapes « classiques » ?

La rigidité des démarches existantes, s'adaptant mal à la réalité industrielle, peut pousser les entreprises à chercher une aide extérieure pour leur mise en place.

3. Les experts à la rescousse

L'appellation « d'expert » concerne un large panel d'acteurs : consultants, organismes techniques, institutions, agences gouvernementales, monde académique... Il n'existe pas « d'expert officiel », mais ce statut est obtenu dès lors qu'une personne peut prétendre à un savoir-faire, une connaissance ou une expertise¹⁴ au-dessus de la moyenne, et surtout que cette personne acquiert une certaine reconnaissance sur un thème donné. Le cabinet EVEA propose, par exemple, des prestations « *pour intégrer l'environnement de vos métiers opérationnels*¹⁵ ». Cela se décline en divers types de soutiens : « *évaluation, écoconception, communication ou développement d'outils spécifiques* ». Cette recherche d'expertise peut se traduire par des collaborations avec des organismes de recherche. Ainsi, dans le cas de l'écoconstruction de bâtiments, Bouygues s'est appuyé sur un laboratoire pour la réalisation d'un outil d'évaluation énergétique [Zaraket et al. 2015].

L'Oréal et Aubrilam étant nos entreprises *fil rouge*, notons que la première a fait réaliser à EVEA une étude pour comparer l'impact environnemental de 2 générations de tubes de crème d'une de leur marque [EVEA 2011]. La seconde a commencé par faire appel à CODDE Bureau Veritas pour l'accompagner dans la mise en place des Profils Environnementaux de leurs Produits (PEP) [Aubrilam 2009]. Cet organisme les a principalement accompagnés dans la mise en œuvre d'un logiciel d'ACV. Ensuite, pour engager une démarche d'écoconception plus complète, Aubrilam a entamé une collaboration avec un laboratoire de recherche pour éco-concevoir un de ses produits [Dufrene 2015].

Le savoir-faire de ces « experts écoconception » est primordial dans l'accompagnement des entreprises. En effet, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, l'expertise environnementale est toujours en développement ce qui implique qu'elle est difficilement formalisable sous la forme d'outils opérationnels.

C. Une expertise en développement

1. Une phase de transition

L'écoconception est une notion qui commence à être inscrite dans le vocabulaire industriel. Ce n'est plus la nouveauté qui commençait à être dessinée par l'Agenda 21 en 1992 [United Nations 1992]. Pour illustrer ce constat, attardons-nous sur l'écolabel européen. Il doit « *promouvoir les produits ayant une incidence moindre sur l'environnement pendant tout leur cycle de vie et fournir aux consommateurs des informations précises, exactes et scientifiquement établies concernant l'incidence des produits sur l'environnement* » [CE 2009]. L'évolution du nombre d'entreprises françaises disposant de l'écolabel entre 2005 et 2015

¹⁴ Le chapitre suivant permettra de discuter et préciser ces différentes notions.

¹⁵ Extrait du site internet : evea-conseil.com

donne une image de la prise de conscience des entreprises à engager des démarches d'écoconception (voir Figure 4).

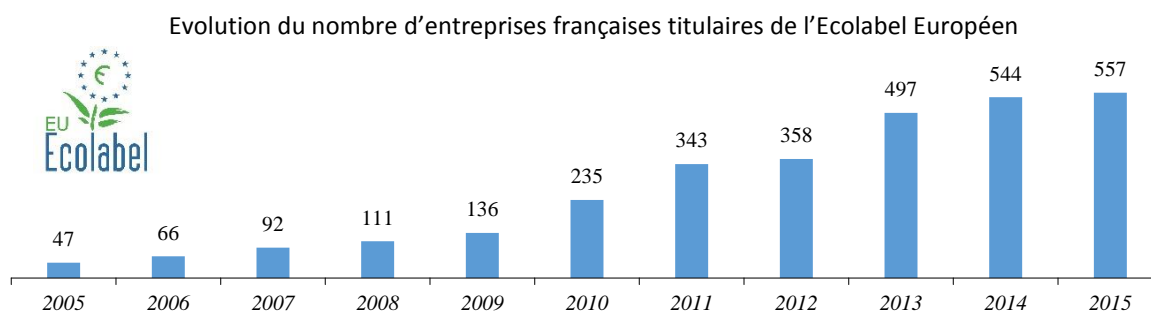


Figure 4. Evolution du nombre d'entreprises françaises titulaires de l'Ecolabel Européen (source ecolabel.fr)

Ces chiffres sont à mettre en perspective par rapport aux milliers d'entreprises françaises¹⁶. Le déploiement de l'écoconception dans l'industrie est une réalité mais qui peine à devenir une généralité. Une des raisons qui ralentissent cette progression provient des difficultés à définir le périmètre de ces démarches.

2. Des bases aux contours flous et évolutifs

L'évaluation de la masse d'un produit peut être relativement aisée, mais évaluer son impact environnemental est une tâche difficile car il s'agit, comme Millet *et al.* le mettent en avant, « d'une notion floue » p41 [Millet et al. 2003]. Un des exemples qui illustre ce constat est le nombre important d'indicateurs utilisés en évaluation environnementale. Des indicateurs nombreux et variés, qui de plus, ne caractérisent pas des phénomènes de même échelle : l'épuisement des ressources ou l'écotoxicité auront des effets plutôt au niveau d'un continent, l'eutrophisation va impacter à un niveau régional, et la génération de déchets se concentrera plutôt à un niveau local [Guinee et al. 1992]. Ainsi, l'impact environnemental d'un produit varie selon le périmètre géographique que l'on souhaite préserver. Il va également varier selon l'endroit où le produit évolue : l'impact environnemental d'une voiture électrique va être directement relié au mix énergétique utilisé pour recharger ses batteries¹⁷. En reprenant la comparaison avec le calcul de la masse d'un produit, évaluer son impact environnemental revient à utiliser une balance qui met en jeu de nombreuses et différentes unités, et qui ne renvoie pas la même valeur selon l'endroit où elle se trouve.

Pour déterminer si une pièce résiste à des sollicitations, il est possible de calculer ses contraintes mécaniques et de les comparer à un critère donné immuable (la limite élastique de son matériau...). En écoconception, les critères utilisés vont varier dans le temps. Les matières premières se raréfient et cela impacte leurs potentiels de recyclage [Ademe 2010]. Ainsi, le choix d'utiliser un matériau pour des raisons environnementales à un certain moment, ne sera

¹⁶ En 2011, hors domaine agricole l'INSEE a comptabilisé 243 grandes entreprises, 4959 de taille intermédiaire, 137 534 petites ou moyennes et 3 001 329 de micro entreprise [INSEE 2014].

¹⁷ En 2010, le mix énergétique français provenait à 75.9% de la filière nucléaire tandis que le mix chinois provenait à 80.1% de la filière thermique [Rabai 2013].

plus vrai à un autre. Nous pouvons également citer la réglementation européenne REACH¹⁸, et notamment son volet « *Autorisation* ». Elle définit une liste de substances chimiques soumises à autorisation, liste qui est mise à jour de façon régulière. L'obsolescence programmée de certaines substances va ainsi contraindre les entreprises à changer progressivement les nomenclatures de leurs produits [Lemagnen et al. 2009].

Nous avons noté que l'écoconception repose sur des bases floues et également évolutives. Dans le paragraphe qui suit, nous constaterons qu'elle est aussi régie par des règles nouvelles.

3. *Un changement de point de vue et une recherche de nouveaux compromis*

L'écoconception oblige les entreprises à voir différemment leurs activités. Dans une étude liée à l'industrie microélectronique, Baudry montre que l'inventaire de données, nécessaires à l'évaluation environnementale, pousse les industriels à s'intéresser à des informations jusque-là négligées [Baudry 2013]. Elle utilise l'exemple « *l'implantation ionique*¹⁹ » : les données environnementales liées à cette étape de fabrication des semi-conducteurs ne sont pas précisées par la « *recette* » édictée par le service R&D mais par « *le réglage* » des équipements de fabrication. Ainsi, les industriels doivent revoir leurs connaissances de leurs propres outils de production. Mais, plus encore, l'écoconception pousse à faire des choix liés à des concepts nouveaux et selon des valeurs inhabituelles [Steen 2005]. Si pour réaliser un flacon de shampoing, la décision est prise d'utiliser du Green PE, fabriqué à partir de canne à sucre plutôt que du PE issu de l'industrie pétrochimique, alors l'empreinte CO₂ et l'épuisement des ressources fossiles seront réduits. Cependant, la consommation d'eau sera augmentée et il y aura un risque de favoriser une compétition avec l'industrie alimentaire... Cet exemple illustre le type de dilemme auquel un industriel peut se retrouver confronté. L'écoconception oblige ses acteurs à rechercher de nouveaux compromis.

L'écoconception repose donc sur des bases qui ont des contours à la fois flous et évolutifs, car liés à la notion « *d'environnement* » dont les évolutions ne sont pas fixées. De plus, les règles qui vont guider ses acteurs sont nouvelles pour l'entreprise, imposant un changement de vision et la recherche de nouveaux compromis. Ainsi, l'industrie a besoin de supports pour intégrer l'environnement à ses activités.

II. Les besoins industriels vis-à-vis des démarches d'écoconception

Malgré les difficultés d'intégration de l'écoconception en entreprise, cette démarche est aujourd'hui reconnue et de nombreuses entreprises cherchent à la déployer. Dans cette partie, nous nous intéresserons aux entreprises qui souhaitent prendre en compte l'environnement dans leurs activités de conception afin d'analyser plus précisément leurs besoins.

A. Faciliter l'intégration de l'écoconception

Par où commencer ? Voici de façon synthétique le questionnement des entreprises qui souhaitent entamer une démarche d'écoconception et se heurtent à quelques obstacles.

¹⁸ REACH pour Registration Evaluation Authorisation of Chemicals, CE n°1907/2006

¹⁹ Il s'agit de « *l'implantation de dopants dans le substrat [du semi-conducteur] pour réaliser des zones actives[ou conductrices]* » p68 [Baudry 2013].

Le sentiment de solitude est extrêmement présent chez les acteurs qui engagent de telles démarches, ce qui peut les décourager malgré de réelles motivations initiales. Ce constat s'ajoute aux difficultés déjà évoquées en I, et le problème en vient à présenter trop d'inconnues. Les entreprises peuvent avoir besoin, dans ce cas, d'exemples ou de cas pratiques qui montrent des « *success story* » [Ricardo J. Hernandez Pardo et al. 2011]. Le regroupement *Orée* propose sur son site internet des conseils pratiques et des témoignages [Orée n.d.]. Ces exemples vont faire naître des réflexions et des questionnements, et redonner de la motivation face à un objectif difficile à atteindre. Il y a souvent un besoin d'échanges qui émerge, l'entreprise cherche à rencontrer d'autres acteurs pour construire sa réflexion. L'importance de commencer une démarche d'écoconception plus que de réfléchir à la nature de cette dernière a été soulignée [Reyes 2007]. Reyes compare ce mécanisme à un cheval de Troie car il s'agit d'une « *invasion du cœur de la conception* » p81. Cette phase initiale passée, et une fois nourrie de plus de certitudes, l'entreprise va pouvoir renforcer l'intégration de l'environnement dans ses activités.

B. Renforcer l'intégration

Avec quoi ? C'est légitimement la question qui apparaît après avoir traité la précédente. Nous avons commencé à recenser en II.A une partie des raisons qui rendent difficile la prise en compte de l'environnement. Intéressons-nous à présent aux besoins concrets que cela entraîne.

Nous avons évoqué en I.B que les outils et méthodes dédiés au domaine de l'environnement sont légion. Nous avons, par exemple déjà évoqué le cas de l'industrie microélectronique, qui a besoin d'une méthode de collecte de données pour l'évaluation de ses procédés de fabrication [Baudry, Lelah, and Brissaud 2012]. Il faut également penser à les rendre compatibles entre eux, mais aussi avec les outils utilisés usuellement en conception de produit. C'est la thèse défendue par Dufrene *et al.* en montrant l'utilité d'une plateforme logicielle intégrée en phase amont d'écoconception [Dufrene, Zwolinski, and Brissaud 2013]. L'écoconception fait intervenir de nombreux acteurs dont les fournisseurs [Janin 2000]. Il faut pouvoir interagir facilement avec eux notamment pour partager des données techniques ou des expériences. C'est dans ce sens que le projet *Corine*²⁰ a été proposé, avec une attention particulière sur l'industrie aéronautique et spécifiquement les hélicoptères [Anon 2013].

D'une manière plus générale, lors des démarches d'écoconception un cloisonnement peut apparaître entre les personnes en charge de cette thématique et les autres. Ce phénomène est appelé *Greenwall* [Haveman and Dorfman 1999]. Millet *et al.* montrent que cette disjonction, liée aux outils utilisés par chacun, est d'une part *temporelle* et de l'autre *cognitive*. *Temporelle* car l'utilisation des outils propres à l'écoconception n'est pas en phase avec ceux « classiques » : il faut plus de temps pour réaliser une évaluation environnementale que pour modifier la géométrie d'une pièce dans un modèleur 3D. La disjonction *cognitive* est liée aux connaissances nécessaires à la compréhension des résultats de ces mêmes outils [Millet et al. 2003]. Réduire le *Greenwall* semble essentiel pour la réussite de ces démarches [Le Pochat 2005] afin d'aboutir au renforcement de l'intégration de l'environnement en conception.

C. Rendre pérenne la démarche en entreprise

Comment ? Nous constatons malheureusement que les projets d'écoconception réussis restent souvent isolés. Une entreprise peut réaliser un projet en bénéficiant d'un soutien pour réaliser un projet, mais elle se retrouve incapable d'en entamer un nouveau de façon autonome et

²⁰ *Project Life ENV/F/00492*

efficace. Nous constatons que l'écoconception peine à devenir une routine dans la démarche de conception.

Lorsqu'un projet réussit, l'expérience acquise ne profite qu'aux personnes qui étaient impliquées. Il y a un besoin de capitaliser et de faire partager les précédents cas afin de ne pas repartir de zéro à chaque fois [Germani et al. 2013]. Si les projets d'écoconception ne se multiplient pas, c'est aussi par manque d'implication de l'ensemble des acteurs de l'entreprise. Les mêmes personnes²¹ sont souvent en charge de cet aspect qui n'est alors pas assez partagé. L'exemple de l'Oréal montre que quelques fois, les tâches d'écoconception n'incombent pas nécessairement aux personnes les plus pertinentes [Baouch 2012]. En effet, sous prétexte qu'ils définissent les spécifications des emballages primaires et secondaires, les ingénieurs packaging sont chargés de maîtriser le critère environnemental de l'intégralité du produit final. Il serait peut-être plus pertinent de confier cette activité aux ingénieurs développement, ou aux chefs de projet, déjà en charge du suivi des coûts et délais. Il semble nécessaire que les activités d'écoconception soient mises en place par les personnes ayant les compétences les plus appropriées. La volonté stratégique d'instaurer ce type de démarche n'est pas forcément partagée chez tous les acteurs de l'entreprise. Un besoin de convergence entre les niveaux de l'entreprise existe également [Zhang et al. 2013].

Les entreprises souhaitant entamer des démarches d'écoconception ont besoin de moyens pour faciliter la prise en compte de la dimension environnementale. Des solutions sont nécessaires pour renforcer l'intégration et faire en sorte de la rendre pérenne. Les besoins industriels identifiés montrent que des initiatives liées au partage d'expérience et de connaissances peuvent s'avérer utiles pour installer la démarche en entreprise.

Il n'est pas rare, dans le monde industriel, que les initiatives relatives aux partages des connaissances soient inscrites au sein d'une thématique plus large : la gestion des connaissances. C'est pourquoi il nous est apparu utile d'étudier plus en détail cette thématique afin de savoir si la gestion des connaissances pouvait être une solution à l'intégration de la dimension environnementale en conception.

III. La gestion des connaissances comme solution à l'intégration de l'écoconception

Nous allons, dans un premier temps, tenter de délimiter les notions qui sont incluses dans l'appellation de gestion des connaissances. Dans un second temps, nous étudierons les possibilités offertes par de telles initiatives.

A. La gestion des connaissances ou la prise en compte d'une ressource immatérielle

La gestion des connaissances, ou Knowledge Management, est une thématique qui a connu un essor à la fin des années 90. La tendance étant à la dématérialisation de l'économie : les transactions ne se limitent plus uniquement aux biens mais s'étendent aux services. Il a été plus aisé de considérer l'existence d'un capital immatériel appelé connaissance, savoir-faire ou encore expertise. Cette prise de conscience, couplée aux progrès technologiques notamment dans les domaines de l'informatique et des réseaux de communication, a poussé les entreprises à adopter des méthodes pour savoir gérer les connaissances. Ces méthodes trouvent leurs

²¹ « Sustainability is often handled by a single person or group » (Jönbrink et al., 2013)

racines dans les problèmes organisationnels posés par les évolutions démographiques. En effet, les anciens baby-boomers, mais néo-retraités, quittent le marché du travail entraînant avec eux leur savoir-faire. Les employés ne sont donc pas universellement remplaçables mais possèdent une valeur propre qu'il faut conserver.

Dudezert démontre, dans sa thèse, que la connaissance devient une ressource qu'il faut valoriser [Dudezert 2003]. Elle cite notamment un rapport de l'OCDE : « *les pratiques de gestion des connaissances ont toujours existé dans les organisations (...) Aucune organisation ne saurait survivre sans créer et acquérir des connaissances et sans les transmettre à son personnel. Ce qui a changé, c'est le poids des connaissances comme source de création de richesse par rapport à d'autres facteurs de production.* » [OCDE 2001]. Ainsi, ce serait la gestion des connaissances qui permet de valoriser cette ressource immatérielle. Peut-on réussir à dépasser ou du moins préciser cette définition conceptuelle ? Earl répond négativement à cette question, selon lui il est impossible d'établir une définition figée et exhaustive [Earl 2001]. Cependant, il est possible d'identifier empiriquement si une initiative s'inclue dans le thème de la gestion des connaissances.

Il faut étudier l'existant pour se rendre compte à la fois des multitudes de formes que peuvent prendre de telles initiatives mais aussi les grandes possibilités qu'elles offrent. Nous allons les distinguer selon l'importance du système d'information dans leurs fonctionnements.

B. Une prédominance du système d'information

1. Aider les acteurs dans leurs activités

Une partie de la division Infra de la SNCF utilise un outil intitulé ISIBOL²². Il permet, par exemple, à un agent de résoudre un problème en consultant des « bonnes pratiques » déposées par d'autres sur un site internet. Chez l'Oréal, un site intranet permet de recenser des guides de conception de packaging. Sous forme de fichier pdf, ceux-ci détaillent les étapes de création de certains éléments (pot, capsule, flacon etc...) afin d'aider à la conception de nouveaux. La ressource connaissance est ici considérée, au même titre qu'une ressource humaine ou matérielle, comme un moyen de supporter les activités de l'entreprise. Avec cette orientation, il est proposé aux acteurs de l'entreprise de disposer de cette connaissance pour réaliser, faciliter voir améliorer leurs activités. La place du système d'information est prépondérante dans les résultats de telles initiatives.

Il existe également des initiatives qui considèrent que la personne est la source et le porteur de la connaissance. Elles peuvent être décrites, sous forme de slogan, par « *Savoir qui fait quoi !* ». L'utilisateur doit être capable d'identifier l'interlocuteur le plus opportun pour l'aider. Nous pouvons évoquer des exemples comme les annuaires thématiques. Même si il ne s'agit pas de leurs seules missions, les réseaux sociaux d'entreprise sont également supposés réaliser ce type de fonction. Cette vision *cartographique* de la connaissance présente aussi un intérêt pour la gestion des ressources humaines. En effet, au niveau de l'entreprise, il est possible d'identifier les porteurs de connaissances et donc les connaissances à préserver ou à développer.

²² Pour Infrastructure Systèmes d'Information, Bonnes pratiques et Outils informatiques Locaux.

2. Soutenir globalement l'entreprise

Des approches adoptent un point de vue plus global qui consiste à s'intéresser aux connaissances de l'entreprise. A titre d'exemple, nous pouvons citer le « système » GAMETH qui vise, entre de nombreuses autres fonctionnalités, à créer « un répertoire des connaissances cruciales » de l'entreprise [Grundstein 2002]. Dans le même esprit, la méthode MASK crée « une mémoire d'entreprise ou livre des connaissances » [Tounkara et al. 2002]. Ces initiatives sont mises en pratique et apportent des résultats [Prax 2000]. Elles sont basées sur le constat suivant : une entreprise perd des connaissances à chaque départ de l'un de ses employés. Ainsi, il apparaît important d'être capable de déployer des moyens pour conserver cette ressource et, par la suite, la rendre disponible.

C. L'acteur comme moteur des initiatives

1. « Communauté de connaissance »

Si l'approche « cartographique » prend place dans l'entreprise ou l'organisation sans la modifier, il est également possible de créer des structures pour partager les connaissances au sein de celle-ci. Cette vision « organisationnelle » se traduit par des « Knowledge Communities ». Ces structures peuvent être animées par une personne et reposent souvent sur un système d'information pour faciliter les échanges entre participants. Il n'est pas rare de voir des personnes participer à des réseaux thématiques propres à leurs métiers. Il existe aussi, de façon plus théorisée, la notion de *communauté de pratique*. Wenger et al. la définissent comme un ensemble de personnes partageant une même pratique²³ [Wenger, McDermott, and Snyder 2002]. Alstom hydro a mis en place de telles structures pour, par exemple, permettre aux utilisateurs d'un logiciel spécifique de s'entraider mais aussi de converger vers une méthodologie commune [Fraslin 2013].

2. Une vision « spatiale »

Dans le cas d'une vision « organisationnelle » les échanges peuvent se dérouler à distance et de façon asynchrone. C'est à l'opposé de cette organisation que la vision « spatiale » se situe. Elle repose sur la socialisation, c'est-à-dire des échanges synchrones par l'utilisation d'un même espace physique. Le rôle du système d'information est donc inexistant. Certaines entreprises se considèrent comme fondamentalement tournées vers la *connaissance*. C'est-à-dire qu'elles ont adopté une orientation « stratégique » de la gestion des connaissances où la culture d'entreprise est fondée sur ce thème. Il est possible de décrire cette orientation avec l'image d'Epinal de la *start-up* et tout particulièrement de l'entreprise Google. « *Ce sont nos employés qui font notre société*²⁴ », c'est ainsi que Google présente sa culture d'entreprise. Les employés sont vus comme des possesseurs de la connaissance. En tant que ressource principale de l'entreprise, ils sont « *encouragé[s] à partager [leurs] idées et [leurs] opinions. [Leurs] bureaux et [les] cafétérias ont été conçus pour favoriser les échanges* »²⁵.

²³ Dans notre cas, on se limitera à une pratique professionnelle.

²⁴ Extrait du site internet : google.fr/about/company/facts/culture/ (consulté en octobre 2015)

²⁵ Idem précédent

Cette revue d'initiatives montre que la gestion des connaissances apporte une aide aux acteurs industriels. Nous avons aussi mis en avant qu'elles ne sont pas forcément synonymes d'implémentation de systèmes d'informations. Par contre, les rôles joués par l'organisation de l'entreprise et surtout par ses acteurs sont des éléments centraux dans leurs fonctionnements.

Ce chapitre a permis d'esquisser une description du contexte industriel. L'intégration de la dimension environnementale au sein des processus de conception, déjà fortement contraint, se traduit par l'utilisation de nombreux outils et méthodes. En termes de résultats, les projets rencontrent de fortes difficultés pour aboutir et restent isolés. L'étude des besoins industriels vis-à-vis des démarches d'écoconception montre que le rôle joué par les connaissances est déterminant. Une revue des initiatives, regroupées sous la thématique de gestion des connaissances, montre qu'elles apportent des solutions aux problématiques posées par l'écoconception. Ainsi, nous allons nous focaliser pour la suite sur la problématique liée à la gestion des connaissances en écoconception.

Dans le chapitre suivant, une étude bibliographique détaillée va nous permettre de renforcer ce constat et notamment permettre de délimiter les contours de notre question de recherche. Au préalable, il sera nécessaire de construire un cadre théorique pour clarifier les notions fondamentales que nous allons manipuler.

Chapitre 2 : Construction de connaissances en écoconception, les apports de la littérature

Résumé : Le chapitre précédent a montré l'intérêt de considérer la place des connaissances en écoconception pour le monde industriel. Ce chapitre commence par construire un cadre théorique précis sur les notions de conception, de connaissance et d'écoconception. Nous montrons ensuite que le manque de connaissances locales conduit à des difficultés d'intégration de l'environnement en conception et qu'une organisation des interactions sociales peut réussir à combler ce manque. Nous formulerons notre question de recherche en nous interrogeant sur les moyens d'améliorer les démarches d'écoconception par la construction de connaissances locales. Enfin, nous établirons trois leviers majeurs pour répondre à la question centrale de notre recherche.

I. Cadre théorique lié à la gestion des connaissances en écoconception	36
A. La conception est une activité cognitive.....	36
1. La conception est une suite d'activités	36
2. La conception : une activité collaborative	38
3. Une conception intégrée	39
4. La conception : une activité cognitive	40
B. Vers une définition de la connaissance ?	41
1. La connaissance à travers différentes approches	41
2. Comment prendre en compte le contexte individuel ?.....	43
3. Quelques caractérisations des éléments du champ des connaissances.....	45
C. L'écoconception : une activité de conception particulière	47
1. Définition de l'écoconception.....	47
2. Principes de l'écoconception	49
3. Un besoin de conception intégrée en écoconception	51
4. Des propriétés qui ne se limitent pas à un « point de vue ».....	52
5. L'importance de l'évaluation environnementale	52
II. Etat de l'art des travaux relatifs à la construction de connaissances locales en écoconception	54
A. Un besoin de connaissance en écoconception notamment locale	54
1. Un besoin de connaissances en écoconception.....	54
2. Des réponses partielles aux problèmes des connaissances en écoconception.....	54
3. Besoin de création de connaissances locales en écoconception.....	57
B. L'interaction sociale comme moyen de construction de connaissance	58
1. Les mécanismes de transformation des connaissances	58
2. Répondre au besoin de connaissance	60
3. Les interactions sociales pour la construction de la connaissance	61
C. Les objets intermédiaires dans les interactions	63
1. De l'interaction à l'objet intermédiaire.....	63
2. Les objets intermédiaires de la conception	63
III. Problématiques de recherche	65
A. La construction de connaissance locales en écoconception.....	65
B. Leviers liés à cette construction de connaissance locales en écoconception	65
1. Levier n°1	65
2. Levier n°2	65
3. Levier n°3	65

I. Cadre théorique lié à la gestion des connaissances en écoconception

Il nous paraît nécessaire de construire un cadre théorique en préalable à notre état de l'art et à la formalisation de nos questions de recherche. Nous commencerons par préciser ce qu'est la conception et nous mettrons notamment en avant sa dimension cognitive. Puis, nous donnerons une définition de la connaissance. Celle-ci se devra d'être appropriée vis-à-vis de notre étude en prenant fortement en compte l'individu. Enfin, nous chercherons à clarifier les notions intrinsèques à l'écoconception afin d'établir quels aspects nécessitent un traitement particulier pour son intégration en conception.

A. La conception est une activité cognitive

1. La conception est une suite d'activités

Il existe des variantes dans les définitions que l'on peut donner à la conception. Nous veillerons à nous concentrer principalement sur la conception de produit. Selon la norme ISO 9000[ISO 9000 2000], il s'agit « (...) [d'un] ensemble [d'activités] qui transforme des exigences en caractéristiques spécifiées ou en spécification d'un produit (...) ». Jeantet va dans le même sens en affirmant que « classiquement, concevoir un produit c'est passer de l'expression d'un besoin à la définition des caractéristiques (...) permettant de le satisfaire et à la détermination de ses modalités de fabrication à un coût acceptable. » [Jeantet 1998]. D'après les définitions précédentes, concevoir serait une *transformation* ou un *passage* d'un état de besoin vers un état de satisfaction. Prudhomme met en avant dans sa thèse que la conception est un problème : « On peut donc avancer que c'est de la considération interactive du problème initial (...) et des solutions envisageables que vont progressivement se construire le problème traité et la solution proposée. » p123 [Prudhomme 1999]. Il complète cette vision en affirmant que « concevoir consiste donc à diminuer le niveau d'incertitude autant concernant le problème que l'on traite que les solutions possibles à ce problème ». Cette imbrication problème/solution est aussi évoquée par Brissaud *et al.* « problems and solutions progress together, feeding off one another » [Brissaud, Garro, and Poveda 2003].

Se pose ensuite la question de savoir qui peut prétendre au titre de *concepteur* ? Ce métier évoque souvent dans notre imaginaire une personne qui va créer, dessiner ou construire une nouvelle invention. Un *Géotrouvetou*, sorte d'inventeur de génie, qui pour répondre à chaque besoin a toujours une idée. Mais la réalité du terrain industriel est différente. Selon la précédente définition, il paraît évident, par exemple, que la personne qui réalise des pièces à l'aide d'un modelleur 3D peut bénéficier de ce titre étant donné qu'elle spécifie le produit. Cependant, Suh [Suh 1990, 2001] insiste sur l'impossibilité de découpler les exigences des moyens pour obtenir la solution²⁶. La conception est vue comme le passage d'un domaine client à un domaine du processus. Cette idée se retrouve dans la définition que propose Jeantet : « Le futur produit passe ainsi par toute une série d'états, qui le construisent peu à peu et renvoient chacun à une dimension spécifique de sa définition : fonctionnelle, structurelle, technologique, géométrique, de fabrication... ». Les acteurs de la fabrication vont donc bien agir sur la spécification du produit. Mais comme le fait remarquer Visser [Visser 2009b], les « (...) spécifications de départ indiquent — en général de façon ni explicite, ni exhaustive — les fonctions à remplir (...) ». C'est pourquoi nous pouvons aussi attribuer l'intitulé de *concepteur* à une personne du service marketing. En effet, celle-ci peut expliciter les spécifications de départ en traduisant les attentes clients (réelles ou supposées) à partir d'études de marché ou d'enquêtes. La définition de Visser

²⁶ « Design is an interplay between what we want to achieve and how we want to achieve them » [Suh 1990, 2001]

se poursuit en précisant que l'activité de conception doit aboutir à des « *représentations (...) si précises, concrètes et détaillées qu'elles spécifient complètement et explicitement la réalisation de l'artéfact produit (...)* ». Ce raisonnement inclut donc de nombreux services dans la chaîne de conception. Les achats, en choisissant un fournisseur, vont induire une représentation du produit [Michelin et al. 2014]. De la même manière que la direction d'une entreprise va, par ses choix stratégiques, influencer l'explicitation des spécifications de départ.

Ainsi, nous utiliserons le terme *acteurs de la conception* pour englober l'ensemble des parties prenantes au projet de conception d'un produit, qu'ils appartiennent au niveau opérationnel, organisationnel ou stratégique. Cette définition permet de couvrir de façon large l'ensemble des personnes qui vont influencer la conception d'un produit sans pour autant la réaliser. Par contre, le terme de *concepteur* sera réservé aux acteurs qui agissent directement sur les représentations du produit.

Les définitions de la norme ISO et Visser mettent aussi en avant le fait que la conception est une composition d'activités. Selon Hakansson *et al.* [Hakansson and Johanson 1992], « *Les activités sont la combinaison, le développement, l'échange ou la création de ressources par un acteur* ». Une activité va donc transformer un ensemble de ressources d'un état initial à un état final. De nombreux travaux portent sur la modélisation des processus de conception par leurs activités. Nous pouvons par exemple citer ceux de Purcel *et al.* qui les décomposent selon si elles *analysent le problème, proposent ou analysent une solution, ou explicitent une stratégie* [Purcell et al. 1994]. Détienne *et al.* prennent également en compte les activités liées aux interactions [Détienne, Boujut, and Hohmann 2004]. Néanmoins, pour notre étude, nous nous limiterons à la distinction de Visser [Visser 2009b]. Elle partage les activités en deux catégories. D'une part, celles qui vont traiter de *résolution de problème* [Simon 1969]. D'autre part, celles qui vont traiter de la *construction de représentations*²⁷. Cette distinction a l'avantage de mettre en évidence la complexité de ces activités sans pour autant les détailler trop fortement.

Ces activités de conception ne se déroulent pas de façon non structurée et peuvent se regrouper en processus. Le champ bibliographique sur ces questions est extrêmement vaste avec principalement des objectifs prescriptifs ou descriptifs, il cherche à modéliser ces processus. Il est impossible de ne pas citer dans ce paragraphe l'approche *systématique* de Pahl *et al.* [Pahl and Beitz 1996]. Ces auteurs proposent, une fois la tâche clarifiée, de décomposer le processus de conception en trois étapes distinctes : la conception conceptuelle, d'architecture²⁸ et détaillée. Ces étapes ont été par la suite enrichies ou revues dans une multitude de modèles. A titre d'exemple, Scaravetti a comparé dans sa thèse plusieurs modèles ce qui lui a permis d'identifier quelques points communs. Les jalons communs aboutissent à des livrables identiques (ou artefacts de représentation du produit si l'on reprend la terminologie de Visser). Il s'agit du *cahier des charges fonctionnel*, des *spécifications techniques* et du *dossier de définition* p28 [Scaravetti 2004]. Pour notre étude nous nous limiterons à l'approche *systématique* de Pahl *et al.* qui est suffisante pour pouvoir parler de phase amont de conception.

²⁷ Ainsi une gamme d'assemblage est une *construction de représentation* du produit mais l'activité nécessaire à sa définition est vue comme relative à une résolution de problème.

²⁸ Pahl *et al.* utilisent le terme « *embodiment* ».

2. La conception : une activité collaborative

Nous venons de voir que la conception est collective par nature avec de nombreux acteurs. Mais comme nous l'avons déjà évoqué dans le chapitre 1, le contexte industriel oblige les entreprises à être concurrentielles, notamment en termes de délais de mise sur le marché et de baisse des coûts. Il est donc nécessaire d'optimiser la conception en organisant ses acteurs. Mais nous verrons également que la collaboration des acteurs va permettre de traiter des problèmes de conception complexes. Comme le clamait Midler à propos de la conception de la Twingo dans les années 90, « *la conception n'est plus l'affaire d'individus, c'est une affaire d'organisation* » p2 [Midler 1993].

Dans les organisations séquentielles, les activités s'effectuent les unes après les autres. Nous pouvons présenter ce déroulement d'une manière simple sous forme d'un diagramme de type Gantt. Tandis que dans une organisation concurrente, aussi appelée simultanée, les activités se chevauchent (voir Figure 5). Takeuchi *et al.* utilisent une métaphore sportive pour comparer ces deux organisations : l'organisation séquentielle serait une course de relais où les coureurs, les activités, se transmettent un témoin alors que l'organisation simultanée décrirait un match de rugby où « *une équipe de joueurs se passe la balle tout en avançant* » [Takeuchi and Nonaka 1986].



Figure 5. Organisations séquentielle et simultanée

Pour compléter cette vision temporelle, il est également possible de décrire l'organisation de la conception selon le niveau d'interaction entre ses acteurs (voir Figure 6). Camarinha-Matos *et al.* en identifient quatre types : *le réseau*, *le réseau coordonné*, *la coopération* et *la collaboration* [Camarinha-Matos et al. 2009]. Un cas de *réseau coordonné* va se différencier d'un *réseau* dans la mesure où les acteurs vont toujours échanger des informations ou communiquer mais cette fois avec l'objectif d'être plus efficaces. La coordination se définit comme « *the management of dependence among activities and resources* » [Malone and Crowston 1994]. Cependant, dans un *réseau coordonné* il n'y a pas forcément de convergence entre les objectifs locaux de chaque activité et l'objectif global de leur ensemble. Alors que dans un réseau de *coopération*, les acteurs vont « *partager un ensemble d'objectifs* » [Boujut and Laureillard 2002]. La *collaboration* a été induite par l'amplification de la complexité des produits à concevoir [Pimapunsri and Tichkiewitch 2013]. Les concepteurs ne sont plus seulement vus comme une somme de compétences, mais comme un ensemble d'experts qui interagissent. Ils ne doivent pas simplement trouver des compromis entre eux, mais bien créer quelque chose de plus « *grand* »²⁹ [Denise 1999]. Tout comme le notaient Camarinha-Matos *et al.*, Midler qui insiste sur l'importance de modifier les structures pour rendre possible la *collaboration* [Midler 1993].

²⁹ « *Collaboration is not about agreement. It is about creation* » [Denise 1999].

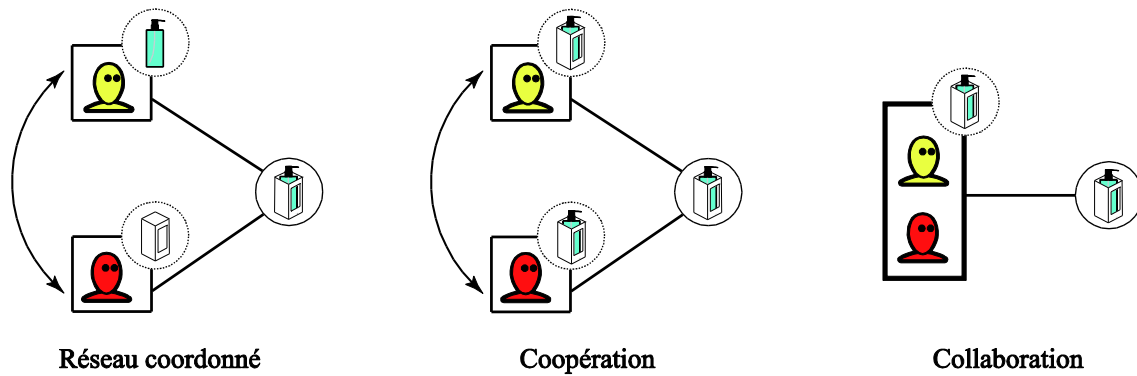


Figure 6. Différents modes d'organisation de la conception

Même s'il s'agit d'une évolution chronologique, les organisations industrielles actuelles ne s'inscrivent jamais totalement dans un des cas évoqués précédemment. La tendance est à la collaboration, mais la réalité est plus mitigée. Un problème peut exister quelle que soit l'organisation suivie : le phénomène du « *over the wall* » [Boothroyd, Dewhurst, and Knight 2000]. Une image courante est d'imaginer un dessinateur industriel transmettant ses plans à une personne de l'atelier en les lançant par-dessus un mur (voir Figure 7). Le dessinateur ne cherchant pas à savoir si son plan sera réalisable par l'atelier. Cela a pour conséquence de ralentir le processus de conception en multipliant les allers et retours entre ces acteurs. C'est pourquoi des tentatives pour intégrer les contraintes de toute la chaîne de conception au plus tôt se sont développées.

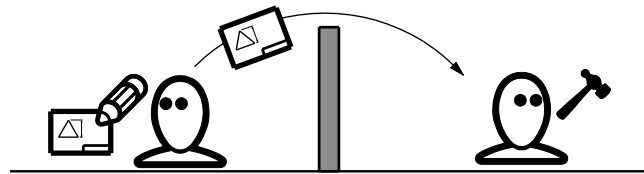


Figure 7. Phénomène du "over the wall" adapté de Boothroyd *et al.*

3. Une conception intégrée

Dans le cadre de cette étude, nous avons pris le parti de nous inscrire dans le thème de la conception intégrée. Chaque métier ou acteur intervenant dans la conception a un point de vue³⁰ qu'il faut intégrer au plus tôt dans la conception. La solution est ainsi la représentation de l'ensemble des points de vue [Poveda 2001]. Les progrès techniques et informatiques couplés à la complexification des produits à concevoir ont poussé, à la fin des années 90, à l'émergence de cette notion de conception intégrée.

Les systèmes experts³¹ utilisent l'outil informatique pour raisonner, et non uniquement pour calculer. Nous pouvons noter différentes applications de tels systèmes comme la génération automatique de gammes d'usinage [Brissaud 1992] ou l'optimisation de la conception des pièces forgées [Boujut and Tichkiewitch 1992]. Pour intégrer le recyclage en conception, Gaucheron a travaillé sur une représentation du produit commune aux différents acteurs de la

³⁰ Il s'agit de l'expression des connaissances, contraintes et objectifs spécifiques lié à un acteur ou un métier.

³¹ « Un système expert peut être défini comme un logiciel de résolution de problème dans un domaine délimité pour lequel il existe des experts c'est-à-dire des spécialistes humains ayant une grande connaissance du problème posé et capable de le résoudre beaucoup plus efficacement que les non-experts » [Tichkiewitch 2014]

conception selon différentes vues [Gaucheron 2000]. Des plateformes ont aussi été développées pour faciliter cette intégration et organiser l'utilisation des outils retenus, comme par exemple, la plateforme CoDE [Roucoules and Tichkiewitch 2000].

Comme le mettaient en avant Tichkiewitch *et al.* : « *in an integrated design process, all the contributors who have to intervene at any time during the product life (manufacturing, use, recycling, ...), have to be present in order to give their specific constraints.* » [Tichkiewitch and Véron 1997]. L'intégration des acteurs ne peut se limiter à l'utilisation d'outils. C'est pourquoi nous notons que les sciences humaines et sociales ont participé à la réflexion et au développement de la conception intégrée. Nous pouvons citer les travaux de Mer sur l'analyse sociotechnique des outils en conception [Mer 1998] ou encore l'étude des phases d'argumentation en conception [Cassier 2010].

Prudhomme faisait remarquer que cette intégration peut être vue avec une dimension cognitive car il s'agit d'« *intégrer les connaissances des métiers de l'aval au moment de la conception* » p70 [Prudhomme 1999].

4. La conception : une activité cognitive

Hatchuel *et al.* affirment que le « *design is one of the most fascinating activities of the mind* » [Hatchuel and Weil 2003]. L'étude bibliographique réalisée par Visser a permis d'établir que la conception comporte des caractéristiques communes quelque soit le domaine considéré [Visser 2009a]. Parmi elles, nous retenons que « *la conception est une activité cognitive* ». Cela est notamment démontré car la conception vise à résoudre des problèmes mal définis et dont « *la résolution doit être satisfaisante* », c'est-à-dire dans laquelle les solutions non optimales sont acceptées. Ainsi, il est proprement impossible d'adopter des approches « *mathématiques* » ou exactes. Au contraire il est nécessaire de les traiter en utilisant son savoir-faire. Le raisonnement par analogie est également mis en avant par Visser comme un élément central de la conception en montrant qu'il est nécessaire d'utiliser et réutiliser ses connaissances pour concevoir p10 [Visser 2009b].

Il est clair que l'activité de conception repose sur des connaissances, mais certains auteurs montrent qu'elle peut également en produire ou en construire. Prudhomme affirmait que la « *conception est alors le résultat d'un (...) processus de construction de connaissances relatives au futur produit, avec une dimension cognitive* » p122 [Prudhomme 1999]. Certaines études ont mis en avant les dynamiques de connaissance en phase de conception. Elles montrent que la conception peut être collaborative, les interactions entre ses acteurs créant des débats qui reflètent ces dynamiques [Prudhomme, Pourroy, and Lund 2007] notamment lors des phases d'argumentation [Cassier 2010]. Le Design Rational a été développé pour garder une trace du cheminement qui mène aux décisions de conception [Bracewell and Wallace 2003][Darses, Détienne, and Visser 2001]. Dans le cas du formalisme IBIS (Issue-Based Information System), l'élément central est le *problème* autour duquel s'organisent des *solutions*, elles-mêmes étayées, ou critiquées, par des *arguments* [Kunz and Rittel 1970]. La Figure 8 permet de représenter des raisonnements lors de la conception d'un produit selon le formalisme IBIS.

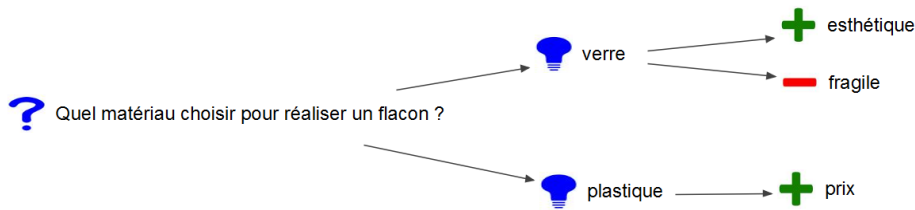


Figure 8. Exemple d'utilisation du formalisme IBIS

Cette partie a montré que la conception était collective, elle regroupe des suites d'activités réalisées par de nombreux acteurs. Nous avons également mis en avant que pour traiter des problèmes complexes, la conception pouvait devenir collaborative. Les travaux relatifs à l'intégration des expertises des acteurs en conception ont aussi été décrits. Nous avons finalement vu qu'en utilisant et construisant des connaissances, les acteurs de la conception réalisent des activités techniques tout en mobilisant la dimension cognitive.

Nous avons jusqu'à présent utilisé les termes d'expertise, de savoir-faire et de connaissance sans réaliser de distinction claire. L'objectif de la partie suivante est d'apporter des définitions approfondies à ces concepts.

B. Vers une définition de la connaissance ?

Le terme de connaissance fait partie intégrante de notre vocabulaire courant et semble posséder, à tort, un unique sens. Mais l'étude de sa signification selon différentes approches permet de montrer la polysémie qui l'entoure. Nous pensons qu'il est nécessaire de prendre en compte l'individu dans la définition de la connaissance et c'est avec cet objectif que nous allons construire un champ théorique lié à la connaissance. Composé de quatre éléments distincts, il sera utilisé pour établir nos questions de recherche, mais également pour manipuler différents concepts dans la suite de l'étude.

1. La connaissance à travers différentes approches

D'un point de vue historique, la première approche de la connaissance est avant tout philosophique. Dans le *Théétète*, un des dialogues de Platon [Platon 360BC], la connaissance d'une chose est définie comme une *croissance vraie justifiée*. Traditionnellement admise, cette définition est intéressante car les trois notions qu'elle utilise sont complémentaires. Une connaissance existe seulement si des personnes y *croient* et elle doit également être *vraie*³². Cependant, une *croissance vraie* mais que l'on ne peut justifier ne peut être une connaissance. Ainsi, une connaissance ne se proclame pas mais doit pouvoir se démontrer. Cette approche nous permet d'envisager la connaissance comme une entité qui peut être apportée aux ignorants. Cette même philosophie a guidé la construction de l'*Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers* de Diderot et d'Alembert en 1751 (Figure 9 extraite de la couverture du tome 1 de 1751). Se voulant la synthèse des connaissances du monde, elle devait en permettre la diffusion. La connaissance serait universelle et se transmettrait.

³² Afin de ne pas s'appesantir d'un débat sur la « Vérité », nous pouvons dire *vraisemblable*.



Figure 9. Une allégorie de la connaissance

Ceci nous amène à l'approche didactique de la connaissance. En science de l'éducation, ce terme est aussi manipulé. Une connaissance, ou savoir, doit être transmise à des apprenants. Ce savoir doit être lié à l'apprenant. Prudhomme *et al.* inspirés par [Chevallard 1992], qualifient ce savoir d'objet de connaissance institutionnel [Prudhomme et al. 2007]. L'éducation nationale française utilise le terme de *contenu*, qu'elle regroupe sous forme de programme scolaire. Si on s'intéresse au programme des STi2D [Ministère de l'éducation nationale 2011], les *contenus* sont différenciés par une taxonomie en quatre niveaux (voir Tableau 1). Les différents niveaux permettent de caractériser le lien que l'enseignant doit réaliser entre le contenu, ou la connaissance/le savoir, et l'apprenant. Ainsi, il va être demandé de pouvoir exprimer une vue d'ensemble du contenu jusqu'à la capacité à maîtriser une démarche méthodologique.

Niveau 1 : Information	« appréhension d'une vue d'ensemble d'un sujet »
Niveau 2 : Expression	« acquisition de moyens d'expression et de communication »
Niveau 3 : Maîtrise d'outils	« maîtrise d'outils d'étude ou d'action »
Niveau 4 : Maîtrise méthodologique	« maîtrise d'une méthodologie de formulation et de résolution de problèmes »

Tableau 1. Description de la taxonomie de l'éducation nationale (extraits) p4 [Ministère de l'éducation nationale 2011]

Cette taxonomie permet aux enseignants de choisir les moyens pédagogiques en fonction du niveau du savoir à transmettre. Par exemple, si l'objectif est de maîtriser une méthodologie, on ne peut se limiter à un cours magistral. Ainsi, si l'on a identifié le savoir à transmettre à un apprenant, il suffirait de déterminer son niveau de « difficulté » pour l'enseigner. Cependant, cette approche semble se déconnecter du contexte individuel de chaque apprenant³³. De plus, cette brève revue des approches issues du monde de la didactique fait apparaître une distinction peu claire entre les concepts de connaissance, ou savoir, et celui de compétence, ou savoir-faire.

Nous venons de voir que le concept de connaissance peut être lié à celui de compétence. La norme X50-190 voit ce dernier comme une « *aptitude à mettre en œuvre [...] des capacités qui permettent d'exercer [...] une fonction ou une activité* » [ISOX50-190 2000]. Grundstein partage cette même vision en insistant bien sur la finalité de la compétence à « *se réalis[er] dans l'action* » [Grundstein 2002]. Il va également apporter une distinction entre les compétences et les savoir-faire. Il associe le *savoir-faire (ou skills)* aux éléments de l'entreprise difficilement explicites, intangibles et qui s'acquièrent par la pratique. Nous pouvons y voir le sens commun donné au concept de *savoir-faire métier*.

Le champ des sciences informatiques a également apporté une nouvelle vision sur le concept des connaissances. Il est, de façon assez unanime, utilisé pour définir un ensemble

³³ Ou du moins, elle se limite à imposer certains *prérequis* pour les activités pédagogiques.

d'informations structurées qui permet d'en faire une interprétation³⁴. Ainsi, les connaissances pourraient se stocker dans des bases de données [Jacqueson 2002] citant [Mack 1995]. Mais il est nécessaire de codifier ces connaissances pour qu'elles s'adaptent au système de stockage [Hansen, Nohria, and Tierny 1999]. Avec cette vision, il est possible de déployer des moyens pour utiliser ces connaissances ainsi stockées. Ceci nous conduit à la thématique de la gestion des connaissances, ou Knowledge Management (KM), et des systèmes qui lui sont associés, éléments que nous avons déjà évoqués dans le précédent chapitre. La vision informatique de la connaissance a également évolué vers la notion d'ontologie. Il s'agit de la représentation d'un domaine de connaissance au travers de ses différents concepts, structurée par des liens et propriétés de différentes natures. Cette modélisation de la connaissance est utilisée pour le partage ou l'échange³⁵ de connaissances, mais aussi l'intelligence artificielle.

Toutes ces approches nous ont montré que le terme de connaissance était extrêmement polysémique. Chacune des définitions semble établir un lien entre la connaissance et l'individu. Mais nous constatons que cette implication n'est pas prise en compte avec la même importance.

2. Comment prendre en compte le contexte individuel ?

Deux concepteurs utilisant pourtant le même cahier des charges peuvent aboutir à deux résultats différents. Chacun interprète ce document selon son expertise, son vécu, ses compétences etc... De la même façon, si ces deux concepteurs sont amenés à se former à partir d'un même document, il est peu probable que chacun en retienne la même chose. La prise en compte du contexte individuel nous semble être un élément important dans la définition du concept de connaissance.

Davenport *et al.* expriment ce constat : « *Knowledge is fuzzy and closely linked to people who hold it* » [Davenport, W.De Long, and C.Beers 1998]. Il est partagé par [Cassier 2010], citant [Tanguy and Villavicencio 2000] p22 : « *La connaissance est un savoir incarné dans une personne physique* ». Les connaissances sont donc portées par les individus. Mais en ont-ils toujours conscience ? Polanyi apporte la réponse suivante : « *Nous en savons plus que nous pouvons dire* » [Polanyi 1966]. Vinck utilise la métaphore de l'iceberg (voir Figure 10) pour émettre ce même constat [Vinck 1999]. Cela nous montre que nous ne sommes pas toujours conscients des connaissances que nous possédons. Il y aurait donc des connaissances que nous portons sans le « savoir », ou du moins sans être capable de les exprimer. Nonaka, reprenant les thèses de Polanyi, distingue les connaissances selon deux dimensions. Les connaissances seraient soit « *explicites* », c'est-à-dire que l'on peut transmettre car formalisables, soit « *tacites* », c'est-à-dire difficilement communicables car intrinsèquement liées à l'individu [Nonaka 1994]. Cette dernière dimension est illustrée, par exemple, lorsque que l'on évoque « l'expérience » d'un individu.

³⁴ L'exemple classique qui est utilisé pour ces définitions est que *10* est une donnée, *10 degrés Celsius* est une information et savoir qu'il fait *10 degrés Celsius à Nancy au mois d'août* est une connaissance car je peux en déduire qu'il s'agit d'une météo plutôt fraîche.

³⁵ Nous pouvons évoquer le format de donnée normalisé STEP qui utilise des ontologies pour organiser les informations liées à un modèle produit selon des domaines variés [ISO 10303 2004].

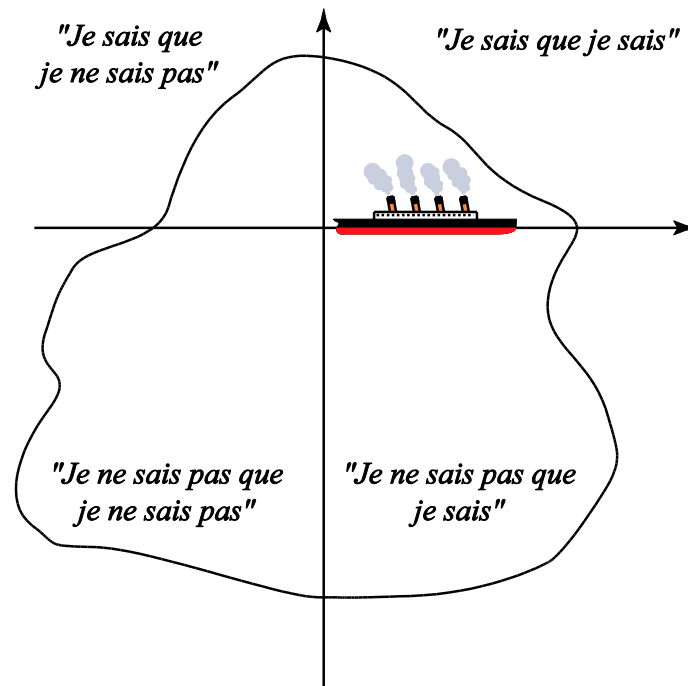


Figure 10. Métaphore de l'iceberg de la connaissance adapté de [Vinck 1999]

Nous allons nous attarder sur la définition proposée par Wilson dans « The nonsense of 'knowledge management' » [Wilson 2002]. Wilson définit la connaissance par *ce que l'on sait*, il s'agit du résultat de processus mentaux propres à chacun. Par conséquent, elle est intrinsèquement individuelle et invisible. A partir de l'instant où l'on souhaite l'exprimer, on est contraint d'utiliser des messages sonores, des écrits, des gestes... Il s'agit d'une expression que Wilson définit comme de l'information. C'est une définition qui permet de mieux appréhender la complexité associée au concept de connaissance et d'y inclure l'importance du contexte individuel. C'est pourquoi dans notre recherche, le terme connaissance sera employé selon le sens que lui donne Wilson.

Compte tenu de cette définition, nous pouvons à présent apporter quelques précisions sur des éléments évoqués dans les parties précédentes :

- Une donnée est une information, au sens large de Wilson. Siemieniuch *et al.* la considèrent comme le résultat d'un capteur [Siemieniuch and Sinclair 1999].
- Comme suggéré par l'intitulé de l'article de Wilson, la gestion des connaissances peut s'avérer absurde car cela revient à accepter qu'il est possible de gérer les esprits des individus. C'est pourquoi les initiatives existantes sont en réalité de la gestion d'information assimilée, à tort, à de la connaissance.
- L'objet de connaissance existe s'il existe pour un individu ou une institution [Prudhomme et al. 2007]. Il s'agit donc d'une *croyance* qui peut être relative à des concepts matériels (« *je sais qu'un marteau est un outil qui permet d'enfoncer des clous* ») ou symbolique ($\sum \vec{f} = m * \vec{a}$). Nous utiliserons la notion de *savoir* pour un ensemble d'objets de connaissance.
- La création d'un lien personnel, dans un contexte donné, à un objet de connaissance va engendrer une connaissance. Ce qui a pour conséquence que la connaissance créée chez deux individus, par rapport au même objet, n'est pas forcément identique.
- La compétence est la capacité d'un individu à utiliser ses connaissances dans le but de réaliser une action. Cette action peut être pratique, planter un clou, ou plus « cérébrale »,

déterminer l'accélération d'un solide. Nous pouvons remarquer, par exemple, qu'un objet de connaissance peut avoir pour finalité la possession d'une compétence.

- Nous considérons qu'un expert est un individu reconnu pour ses compétences, qui sont bien évidemment le reflet de ses connaissances. Une expertise étant par conséquent un ensemble de compétences associé à un individu ou à un groupe.

Nous avons à présent défini les quatre termes qui constituent le *champ des connaissances* (information, connaissance, compétence et objet de connaissance). Cette clarification permet d'éviter les confusions de sens que nous avons précédemment mises en avant. Le schéma en Figure 11 illustre ces quatre termes ainsi que les relations qu'ils entretiennent.

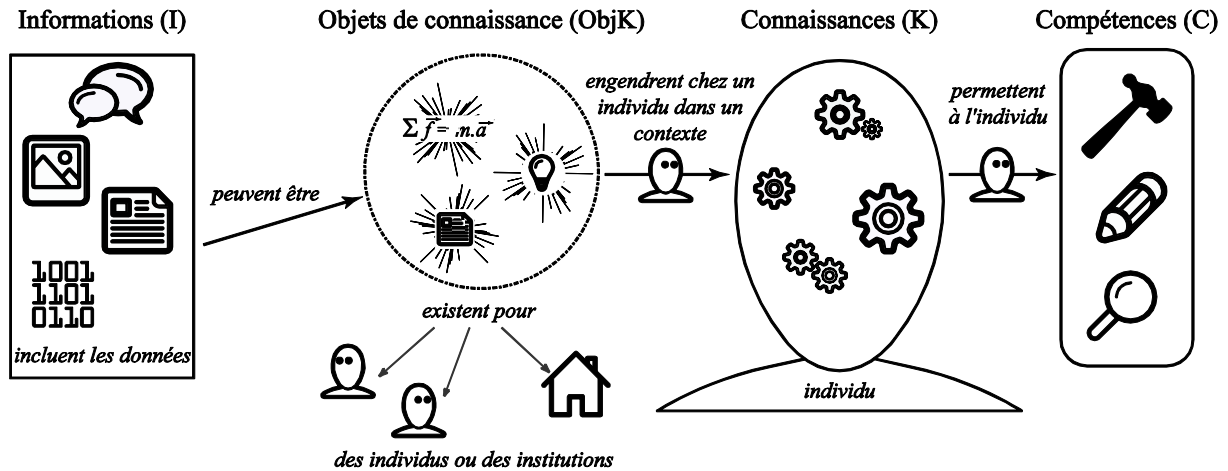


Figure 11. Eléments et liens existants au sein du champ des connaissances.

Après avoir défini ces concepts importants, il nous paraît intéressant de regarder les nuances qui peuvent exister pour certains d'entre eux. Ceci sera particulièrement utile dans la suite de notre étude.

3. Quelques caractérisations des éléments du champ des connaissances

Nous allons nous interroger sur la perméabilité et la complexité des catégories que nous venons d'établir et aussi sur la portée des connaissances.

Pour mieux décrire l'émergence d'un objet de connaissance, Mougin *et al.* introduisent la notion de « *knowledge footprint* » [Mougin *et al.* 2015]. Ils observent que lorsqu'une question est déposée sur un forum internet, un utilisateur commence par proposer un élément de réponse. Selon nos définitions, ce message est une information et aussi *la trace de la connaissance* de cet utilisateur. Une fois cette *trace* partagée par d'autres, ce qui se produit au fil de la discussion sur un forum, elle peut évoluer pour devenir un objet de connaissance reconnu par un groupe. Il existe donc un statut intermédiaire entre information et objet de connaissance.

« Effectuer une addition » et « déterminer une contrainte mécanique » sont deux compétences dont l'apprentissage utilise des objets de connaissance d'accessibilités cognitives différentes. La taxonomie SOLO, issue du monde de la didactique et établie par Biggs *et al.*, permet de différencier un objet de connaissance³⁶ selon cinq niveaux de complexité [Biggs and Collis 1982]. Elle repose sur l'hypothèse qu'un objet de connaissance est un ensemble de concepts,

³⁶ Il est à noter que Chan *et al.* ont enrichi cette taxonomie en détaillant certains de ses niveaux [Chan *et al.* 2002].

ou d'éléments, plus ou moins organisés. Les distinctions de niveaux vont être liées à la fois au nombre d'éléments, mais également aux relations qui existent entre eux. Afin d'illustrer la taxonomie SOLO, nous avons complété sa description en indiquant les compétences qui pourraient être associées à chaque objet de connaissance (voir Tableau 2).

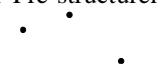
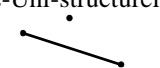
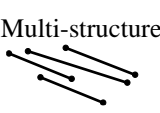
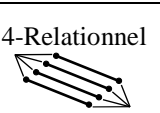
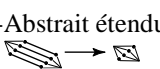
Niveaux	Description	Exemples de compétences pouvant être associées
1-Pré-structurel 	L'objet de connaissance est composé d'éléments inorganisés et peu structurés.	Savoir : <i>je suis capable de donner la définition d'un procédé de fabrication appelé l'usinage, je sais qu'en roulant un camion pollue etc...</i>
2-Uni-structurel 	Les éléments sont reliés par des liens simples.	Identifier, Nommer, Suivre : <i>Je sais réaliser une pièce par usinage en suivant une procédure, Si je réduis une distance de transport alors le camion pollue moins etc...</i>
3-Multi-structurel 	Les liens sont plus nombreux mais restent indépendants. Ce niveau peut être résumé par cette maxime : « voir les arbres mais pas la forêt ».	Combiner, décrire, lister : <i>Je sais réaliser une pièce par usinage ou par fabrication additive ou par soudage, Je peux diminuer l'impact d'un produit en réduisant sa masse ou en réduisant les distances de transport etc...</i>
4-Relationnel 	Les éléments et leurs liens forment un ensemble, une structure.	Analyser, Appliquer, Comparer, Justifier : <i>Je sais choisir un procédé de fabrication selon un cahier des charges, je sais appliquer une méthode d'écoconception etc...</i>
5-Abstrait étendu 	La structure est généralisable à de nouveaux domaines.	Créer, Théoriser, Généraliser : <i>Je suis capable de choisir un matériau selon un cahier des charges, je peux créer une nouvelle méthode d'écoconception etc...</i>

Tableau 2. Taxonomie SOLO adaptée de [Biggs and Collis 1982]

Une connaissance peut-elle être fautive ? Cette interrogation peut paraître provocatrice vis-à-vis de la définition de Platon mais Boisot *et al.* estiment que lorsqu'on s'intéresse à « l'action », une connaissance peut se limiter à être « une croyance »³⁷ [Boisot and MacMillan 2004]. En effet, la « véricité », qu'il serait préférable de remplacer par la *légitimité*, et le contexte d'existence sont intimement liés. Prudhomme *et al.* tiennent compte de la distance à l'activité pour caractériser les connaissances à l'œuvre en conception [Prudhomme, Boujut, and Pourroy 2005]. Elles se répartissent en trois niveaux : *action*, sans existence avant celle-ci, *local* c'est-à-dire ayant une portée locale et contextuelle, ou *générique*. Nous illustrons cette distinction par ces deux exemples :

- les théories issues de la thermodynamique qui régissent le refroidissement des pièces de fonderie, sont liées à des connaissances de niveau *générique*
- des règles de conception, propres à une entreprise, peuvent imposer une épaisseur maximale aux pièces qu'elle conçoit par fonderie. Ces règles sont associées à une connaissance d'un niveau *local* car l'épaisseur limite est déterminée par la typologie des pièces produites dans ce contexte précis (dimensions etc.) mais ces règles n'ont plus cours dans un autre contexte.

Bien que liés au même domaine, ces deux éléments n'ont pas la même portée. Ainsi, des connaissances seront légitimes pour un contexte, mais hors de celui-ci elles ne sont plus valables.

Après avoir présenté les éléments qui composent le champ des connaissances, nous retenons que certains peuvent être caractérisés plus finement. Notamment que la complexité d'un objet

³⁷ Ils utilisent trois « mondes » pour situer les connaissances : *le possible*, *le plausible* (qui semble être admis) et *le probable* (qui est considéré comme plutôt vrai) p508 [Boisot and MacMillan 2004]

de connaissance peut être évaluée selon la taxonomie SOLO, et aussi qu’une connaissance peut être *locale*.

Nous avons présenté un cadre lié à la notion de conception et en particulier relevé sa dimension cognitive. Ceci nous a amené à étudier la notion de connaissance, et nous avons ainsi construit un champ théorique pour mieux définir les limites des concepts qui l’entourent.

A présent, il est important d’étudier plus en détail l’écoconception qui est l’objet de cette étude.

C. L’écoconception : une activité de conception particulière

Nous chercherons à clarifier les notions intrinsèques à l’écoconception. C’est-à-dire être capable de déterminer en quoi l’*écoconception* peut se différencier de la *conception*. Ceci permettra d’établir les aspects qui nécessitent un traitement particulier.

1. Définition de l’écoconception

De la même façon que nous avons traité la conception, nous nous tournons vers la norme pour étudier la définition de l’écoconception. L’ISO 14062 [ISO 14062 2002] l’évoque comme « *l’intégration des aspects environnementaux dans la conception (...) [avec] pour objectif la réduction des impacts environnementaux négatifs des produits tout au long de leur cycle de vie* ». Mais comment se confronte-t-elle aux définitions existantes dans la littérature ? Environmental product development, green design, ecodesign, environmental design, design for the environment, life cycle design, environmentally conscious manufacturing, sustainable design... de nombreux noms et définitions sont utilisés. Une liste, loin d’être exhaustive, est présentée dans le Tableau 3.

	Références	Dénomination, descriptions, définitions
A	[Johansson 2002] Revue de littérature	Ecodesign, “ <i>Ecodesign, which refers to actions taken in product development aimed at minimising a products environmental impact during its whole life cycle, without compromising other essential product criteria such as performance and cost.</i> ”
B	[Baumann et al. 2002] Revue de littérature	Environmental product development, Dans le cadre d’une étude bibliographique dans différents champs disciplinaires (<i>business, engineering et policy</i>), les auteurs utilisent comme mots clefs pour les bases de données relatives à l’ <i>engineering</i> : <i>green</i> ou <i>environmental</i> ou <i>sustainable</i> et <i>product</i> et <i>design</i> ou encore <i>development</i> .
C	[van Hemel and Cramer 2002] Etude empirique	Ecodesign “ <i>By ‘ecodesign’ is meant the systematic and consistent strife for improving the environmental profile of product(s) in all stages of the product life cycle, including proper recycling and disposal.</i> ”
D	[Lenox, Jordan, and Ehrenfeld 1996] Etude empirique	Design for the environment (DfE), “ <i>Design for environment is the systematic process by which firms design products and processes in an environmentally conscious way</i> ”
E	[Vezzoli and Sciamia 2006] Présentation d’une méthode	Life cycle design (LCD), “ <i>The leading LCD principles are (1) the extension of the design horizon: from product design to the (systemic) design of all product life cycle stages, (2) a new design reference: from product design to product function design</i> ”
F	[Ramani et al. 2010] Revue de littérature	Sustainable design, “ <i>Increasing the amount of research coupled with practical implications is required to make sustainable design decisions early in the product realization cycle. The early design strategy offers the highest impact on sustainability.</i> ”

G	[Karlsson and Luttrupp 2006]	EcoDesign, “ <i>Although many other definitions exist, we conclude that EcoDesign is about Design in and for a sustainable development context</i> ”
H	[Ilgin and Gupta 2010] Revue de littérature	Environmentally Conscious Manufacturing (ECM) “ <i>Environmentally Conscious Manufacturing (ECM) deals with green principles that are concerned with developing methods for manufacturing products from conceptual design to final delivery to consumers, and ultimately to the End of Life (EOL) disposal, that satisfy environmental standards and requirements</i> ”
I	[Pigosso and Sousa 2011]	“ <i>Ecodesign is a proactive management approach which directs product development towards environmental impacts reduction along its life cycle</i> ”
J	[Bhamra 2004]	“ <i>one strategy being employed to move towards a more sustainable future</i> ”

Tableau 3. Liste non exhaustive des définitions de l'écoconception

L'analyse de ce tableau permet de dégager les éléments suivants³⁸ :

- La nature même de l'écoconception n'est pas partagée. Certains auteurs la voient comme un *process (D)* voir une *consistent strife (C)* que l'on peut traduire par un *conflit perpétuel*. Ces disparités avaient déjà été mises en avant dans la thèse de Johansson [Johansson 2001]. Cependant, il se dégage que l'écoconception est incluse dans le développement de produit (ou la conception) et ne doit donc pas en modifier sa finalité. C'est dans ce même esprit qu'il est précisé qu'elle ne doit pas *compromettre le coût ou la qualité intrinsèque du produit*³⁹(A).
- D'un point de vue temporel, peu d'auteurs précisent quand l'écoconception doit être menée. Nous avons déjà vu que la conception est un terme qui peut couvrir une plage temporelle importante mais quand cela est précisé, l'écoconception intervient tôt dans le processus de conception (F).
- Les notions d'environnement et d'impact environnemental sont sujettes à de grandes variations dans les définitions. La norme définit la première par un « *milieu dans lequel un organisme fonctionne*⁴⁰ » et la seconde par « *toute modification (...) négative ou bénéfique* ». Nous retrouvons bien ces éléments dans certaines définitions (A,C,I). L'approche de D est moins explicite car pour les auteurs, l'écoconception serait « d'agir d'une façon *environmentally conscious* ». Si les termes *environmental* et *sustainable* peuvent être utilisés comme des synonymes (B), certains auteurs semblent attacher une importance à ce dernier concept. Il permet de placer la notion d'écoconception dans le contexte du développement durable (F,G).
- La vision de la finalité de l'écoconception est plus partagée. Même si une définition se limite à indiquer qu'il s'agit de satisfaire des normes (H), les autres sont toutes orientées vers le fait de minimiser ou réduire l'impact environnemental (A,I) ou encore d'améliorer le profil environnemental du produit (C,F).
- La signification de la notion de cycle de vie semble être partagée par presque tous les auteurs. Une définition va même jusqu'à la considérer comme centrale (E).

³⁸ Les lettres majuscules indiquent les références bibliographiques du Tableau 3.

³⁹ “*without compromising other essential product criteria such as performance and cost*”[Johansson 2002].

⁴⁰ La définition se poursuit avec « *incluant l'air, l'eau, la terre, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations* » p2 [ISO 14062 2002].

Ainsi, il nous apparaît pertinent de retenir que la nature de l'écoconception est bien de participer à la conception des produits pour permettre de réduire leurs impacts environnementaux sur l'intégralité de leur cycle de vie. Il n'est donc pas nécessaire d'adopter une définition plus complexe ou plus large que celle proposée par la norme. Une ou des écoconceptions ? L'écoconception n'étant pas une fin en soi, puisqu'elle est incluse dans un processus de conception, nous devrions déjà parler de *démarche d'écoconception* plutôt que d'*écoconception* à part entière. En effet, le développement d'un produit est réalisé avec une démarche de prise en compte de l'environnement. Ainsi, nous pouvons parler des démarches d'écoconception car des distinctions d'ampleurs existent et seront discutées dans le paragraphe suivant. Cette précision sémantique mise en avant, nous essayerons de nous y tenir dans la suite du manuscrit, même si, pour des soucis de lourdeur littéraire, il pourra arriver d'y déroger.

2. Principes de l'écoconception

En accord avec Le Pochat, et compte tenu de la définition établie dans la partie précédente, nous pensons que l'écoconception est régie par deux principes : une approche *globale* et *multicritère* [Le Pochat 2005].

D'une part, l'approche *globale* se traduit par la considération du cycle de vie du produit. La norme ISO [ISO 14040 2006] définit ce cycle de vie comme « *les phases consécutives et liées d'un système de produits, de l'acquisition des matières premières ou de la génération des ressources naturelles à l'élimination finale* ». Cette vision, qui peut être aussi qualifiée de « du berceau à la tombe » ou « *cradle to grave* », est majoritairement admise (voir Figure 12). Il faut donc envisager le produit à concevoir selon l'intégralité des états qu'il va traverser et non uniquement selon ceux que l'on pourrait considérer comme *pertinents*⁴¹.

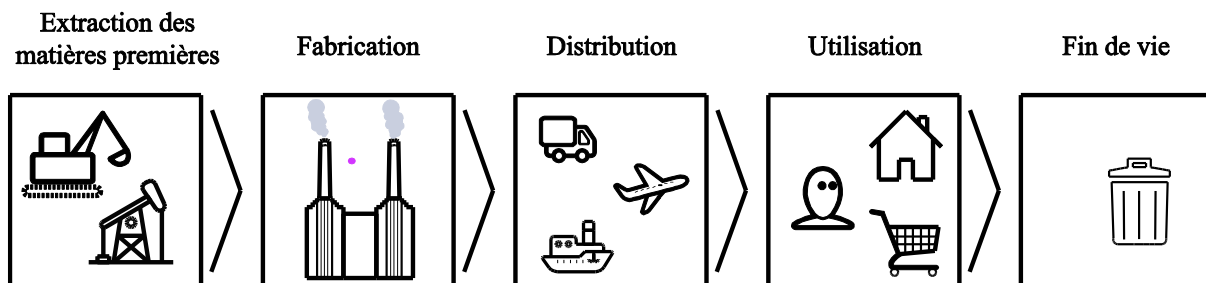


Figure 12. Cycle de vie d'un produit

Cette approche globale, évoquée par Le Pochat, conduit aussi à « *l'internalisation des externalités environnementales* ». Cette terminologie issue des sciences économiques fait référence au concept des externalités⁴². Aussi appelé *effet externe*, il s'agit des actions positives ou négatives que les agents économiques peuvent avoir entre eux hors du marché (c'est-à-dire sans transaction économique)⁴³. La pollution s'inscrit pleinement dans cette définition. Une des

⁴¹ Selon la méthode d'analyse fonctionnelle (et plus précisément à l'expression fonctionnelle du besoin section 15 [NFX50151 2007]) faisant foi dans l'industrie ou à minima dans l'enseignement des sciences industrielles.

⁴² Théorisé par l'économiste Pigou dans *The Economics of Welfare*, 1920.

⁴³ Par exemple, si A est propriétaire d'un appartement et que B décide d'installer une discothèque au pied du même immeuble alors B ne procédera à aucun dédommagement auprès de A et cela même si son action a fait baisser la valeur de son appartement. Il s'agit donc bien d'une externalité négative. Pour imaginer une externalité positive, il suffirait de remplacer discothèque par supérette.

solutions est d'inclure cette externalité au sein du marché ou de la transaction économique : c'est l'internalisation. La directive européenne relative aux emballages et aux déchets d'emballages [CE 1994] en est un exemple. Elle rend responsable le producteur du retraitement de ses produits. En gardant, notre exemple de la cosmétique, le producteur de shampoing va devoir s'assurer de la gestion des déchets de son produit en fin de vie. Ceci est souvent délégué à un organisme agréé qui le facture à l'entreprise. Ce coût supplémentaire est bien une *externalité environnementale* ramenée dans le champ de l'entreprise. Le concepteur ayant maintenant un intérêt à réduire ce coût. Cependant, la prise en compte globale de l'environnement est plus complexe que la seule gestion des déchets. Guinee *et al.* s'accordent sur trois catégories d'effets : *l'épuisement des ressources, la pollution et les dégradations* [Guinee et al. 1992] p42. Chacune d'elles regroupant différents indicateurs environnementaux, par exemple : l'épuisement des ressources naturelles, la pollution par eutrophisation, les dégradations des paysages etc. Le premier principe de l'écoconception est donc d'aborder le problème de conception de façon *globale*. C'est-à-dire de considérer l'intégralité du cycle de vie du produit et de traduire son impact sur l'environnement par différents indicateurs.

Le second principe évoqué par Le Pochat découle directement du premier. Il s'agit de l'approche *multicritère* des démarches d'écoconception. L'optimisation multi-objectif devient naturellement une conséquence p30 [Le Pochat 2005] évoquant [Azapagic and Clift 1999]. En effet, il est important d'éviter les transferts d'impact⁴⁴ entre les phases de vie ou entre les indicateurs pris en compte.

Les démarches d'écoconception, bien que régies pas ces deux mêmes principes, n'aboutissent pas toujours au même degré de remise en cause du produit [Brezet and Van Hemel 1997]. Millet *et al.* proposent une classification en trois niveaux pour les démarches d'écoconception : *partielle*⁴⁵, *classique et innovante* [Millet et al. 2003]. Les paramètres discriminants sont le nombre de critères environnementaux et les phases du cycle de vie pris en considération dans les démarches. Ces auteurs ont observé que cela conduisait également à une remise en cause variable de la définition du produit initial. Une synthèse de cette classification, ainsi que des exemples de démarches et d'illustrations pratiques, sont présentés dans le Tableau 4. Il va sans dire que les gains environnementaux potentiels engendrés par chaque démarche vont être liés à sa classification.

	Type de démarche d'écoconception :		
	Partielle	Classique	Innovante
Critères environnementaux et phases du cycle de vie considérés	1 critère sur 1 phase du cycle de vie. 1 critère sur toutes les phases du cycle de vie. Plusieurs critères sur 1 phase du cycle de vie.	Plusieurs critères sur toutes les phases du cycle de vie.	Multicritères sur toutes les phases du cycle de vie.
Modification du produit	Faible, on ne dépasse pas une modification de son architecture.	Moyenne, le produit est vu comme un système.	Forte, on s'intéresse au service rendu par le produit.
Exemples de démarche	Design for Dissassembly [Favi et al. 2012], Design for End of life [Peeters and Dewulf 2012]...	EcoDesign [Luttropp and Lagerstedt 2006]	Life cycle design [Vezzoli and Sciama 2006].

⁴⁴ Déjà évoqué dans le chapitre précédent avec l'exemple de l'utilisation des bioplastiques.

⁴⁵ Il est permis de se demander si le niveau *partiel*, dans le cas où l'on se limite à une seule phase du cycle de vie, s'inscrit bien dans la définition de l'écoconception que nous suivons.

Illustrations sur l'écoconception d'un flacon de shampoing	Utilisation de PET recyclé.	Utilisation de PET recyclé, réduction des épaisseurs du flacon, amélioration de la logistique aval etc...	Lavage capillaire par ultrason.
--	-----------------------------	---	---------------------------------

Tableau 4. Classification des démarches d'écoconception adaptée de [Millet et al. 2003]

Nous pouvons trouver dans la littérature des éléments assimilés, à tort selon nous, à des principes intrinsèques à ces démarches d'écoconception. Nous pouvons, par exemple, évoquer *l'intégration au plus tôt des aspects environnementaux* [Ramani et al. 2010]. Compte tenu de la typologie présentée dans le Tableau 4, l'intégration *au plus tôt* peut s'avérer être un facteur de réussite à certaines démarches mais n'en est pas un principe commun. Par contre, la collaboration de l'ensemble des acteurs de l'écoconception est une conséquence intrinsèque des principes d'approche *globale et multicritère*.

A tous les niveaux de l'entreprise, et même à l'extérieur, les acteurs de l'écoconception concernés sont nombreux p86 [Janin 2000]. C'est pourquoi nous constatons que des problèmes similaires à ceux existant en conception apparaissent. C'est notamment le cas avec le phénomène de « *greenwall* » (voir I.A.2). Une solution est donc de considérer l'environnement comme un nouveau point de vue à intégrer au processus de conception.

3. Un besoin de conception intégrée en écoconception

Au même titre que la fabrication ou l'assemblage, l'environnement est un point de vue à intégrer en conception [Zwolinski 2013]. Et si la *philosophie* de la conception intégrée a apporté des solutions pour ces thématiques, il est naturel de l'appliquer à l'écoconception.

L'intégration des expertises environnementales peut s'opérer par des outils *simples*⁴⁶ comme l'utilisation de *checklists* ou de *guidelines*. Ces outils fournissent des informations généralement qualitatives [Baumann et al. 2002]. Nous pouvons citer Ecodesign Pilot [Pilot 2015] qui permet de guider les concepteurs. L'intégration peut également se traduire sous forme de système expert à proprement parler, dans le sens où elle permet d'assister les acteurs dans la résolution de problèmes. L'outil pilote Dissassembly permet, par exemple, de tenir compte de contraintes environnementales pour déterminer les séquences de désassemblage des produits [Zwolinski 2007]. Comme nous l'avons mis en évidence précédemment, l'intégration ne se résume pas à l'utilisation d'outils mais nécessite aussi des méthodologies et environnements de travail. L'utilisation de plateformes permet de combler ce besoin. Il est nécessaire d'organiser les outils propres à chaque point de vue. Un des exemples est le projet européen Genesi, qui a débouché sur la définition d'une plateforme logicielle permettant de relier les outils dans un ensemble cohérent, et de la coupler à l'utilisation d'une méthode [Dufrene et al. 2013].

La conception intégrée est donc un cadre nécessaire d'application à l'écoconception. Néanmoins, il n'est pas suffisant car nous allons voir que les propriétés de l'écoconception nous poussent à la traiter de façon particulière.

⁴⁶ Ou « *très simple* » si l'on évoque l'utilisation de *listes*, par exemple, de matériaux à ne pas utiliser [Janin 2000].

4. Des propriétés qui ne se limitent pas à un « point de vue »

Nous venons de voir qu'il existait de nombreux outils et méthodes pour intégrer le point de vue environnemental dans les phases en amont de la conception. Cependant, il ne faut pas omettre l'utilisation des outils spécifiques à ces démarches.

Vallet *et al.* ont montré de façon empirique que l'écoconception pouvait se distinguer de la conception par trois activités particulières : « *la définition de stratégie, la recherche de solution et l'évaluation environnementale* » [Vallet et al. 2012]. La *définition d'une stratégie environnementale* est le choix de la méthode de réduction de l'impact environnemental. Il en existe des génériques [Brezet and Van Hemel 1997] ou plus spécifiques. Domingo a, par exemple, développé une méthode pour la prise en compte des usages de l'utilisateur pour réduire l'impact environnemental des produits [Domingo 2013]. Ces méthodes sont nombreuses et les concepteurs doivent être aidés dans le choix de ces dernières [Alhomsi 2012]. La *recherche d'une solution* entraîne l'utilisation de nombreux outils spécifiques à l'écoconception [Bovea and Pérez-Belis 2012] qu'il convient de choisir selon les types de projets [Ricardo J Hernandez Pardo et al. 2011]. Ainsi, les problématiques posées par la mise en place de démarche d'écoconception ne peuvent être traitées uniquement par la prise en compte d'un nouveau point de vue tant elles reposent sur l'utilisation d'outils et méthodes spécifiques.

Ce constat peut aussi être identifié lors de la réalisation des *évaluations environnementales*, troisième activité caractéristique mise en avant par l'expérience de Vallet *et al.* [Vallet et al. 2012].

5. L'importance de l'évaluation environnementale

L'évaluation environnementale est une étape indispensable des démarches d'écoconception. Elle permet de diagnostiquer les améliorations potentielles d'un produit existant [Alting 1996; Nielsen and Wenzel 2002], de comparer les versions de conception d'un même produit [Matheys et al. 2007], de comparer différents produits (gobelet réutilisable [Garrido and Dolors Alvarez del Castillo 2007], sèche-main [Montalbo, Gregory, and Kirchain 2011]...), ou encore de vérifier une performance écologique d'un produit avec, par exemple, l'objectif d'obtenir une certification écologique. Cependant, si aucune précaution n'est prise, la réalisation d'une évaluation environnementale peut aboutir à des conclusions surprenantes. L'exemple d'une comparaison réalisée par un centre d'étude automobile, entre un Hummer (véhicule tout terrain d'origine militaire) et une Honda Prius (voiture hybride) a abouti à conclure que le premier présentait un meilleur bilan écologique que le second. Après vérification, il a été montré que l'étude était trop partielle⁴⁷ pour pouvoir accorder du crédit à ses résultats [Gleick 2007]. Cet exemple, totalement caricatural, montre l'importance de disposer de standards reconnus pour réaliser ce type d'étude.

L'Analyse de Cycle de Vie est, selon Le Pochat *et al.*, l'outil le plus efficace pour réaliser des évaluations environnementales [Le Pochat, Bertoluci, and Froelich 2006]. Ce constat est globalement admis car, en effet, l'ACV est normalisée [ISO 14040 2006; ISO 14044 2006] ce qui renforce la crédibilité de ses résultats. Composée de quatre étapes (la définition des objectifs et champs de l'étude, l'inventaire des données, l'évaluation de l'impact et l'interprétation), elle limite les écarts de résultats pouvant exister selon les personnes qui l'ont réalisée. De plus,

⁴⁷ Il est même permis de croire qu'elle était volontairement biaisée.

comme son nom l'indique, elle prend en compte l'intégralité du cycle de vie et également les différents indicateurs environnementaux⁴⁸, ce qui permet de contrôler les transferts d'impact p31[Le Pochat 2005]. Néanmoins, la réalisation de ces études peut s'avérer complexe pour différentes raisons :

- Un problème lié aux données : réaliser une ACV « *confronte les acteurs à une grande quantité de données supplémentaires* » p482 [Collado-Ruiz and Ostad-Ahmad-Ghorabi 2010] qui ne sont pas forcément usuellement collectées [Baudry et al. 2012] voir tout simplement connues [Krozer and Vis 1998].
- Un problème lié à la définition du champ : l'ACV impose par exemple de définir une unité fonctionnelle. Il s'agit d'une « *performance quantifiée [...] utilisée comme unité de référence* » [ISO 14040 2006]. Directement liée aux fonctions du produit, elle doit être définie de façon précise [Lagerstedt 2003]. Cependant, de nombreuses variations peuvent exister selon les praticiens de l'ACV [Baouch et al. 2012]. D'une manière plus générale, Collado-Ruiz *et al.*, mettent en avant que l'ACV « *involves complex modeling, which does not necessarily go hand-in-hand with the models used during design* ».
- Un problème d'incertitude : Huijbregts évoque des sources d'incertitudes supplémentaires à celles déjà évoquées, comme celle « *liée aux choix ou aux variations spatiotemporelles* » [Huijbregts 1998]. Pour rendre fiable les résultats d'une ACV, il est impératif de tenir compte de ces incertitudes [Gregory, Montalbo, and Kirchain 2013].
- Un problème d'intégration à la conception : le paradoxe d'une ACV est que pour être pertinente il est nécessaire de disposer de données précises sur le produit mais cela n'est possible qu'une fois le produit défini, ce qui rend sa modification difficile [Millet et al. 2007]. Cela pousse les praticiens de l'ACV hors des équipes de conception, contribuant à renforcer le *greenwall*.

Ainsi, l'ensemble de ces problèmes engendre des difficultés pour la réalisation d'une ACV et par conséquent pour l'interprétation de ses résultats. Des expertises spécifiques doivent être construites pour tenir compte, par exemple, du secteur d'activité : industrie du bois [Fleischer and Schmidt 1996], construction navale [Prinçaud 2011], etc. « *LCA is a complex task that generally requires special training* » [Collado-Ruiz and Ostad-Ahmad-Ghorabi 2010]. C'est pour cette raison que l'ACV, et plus généralement l'évaluation environnementale, est souvent présentée comme réservée à des experts. Vallet *et al.* ont même montré que « *l'évaluation environnementale (...) étai(t) plus influencée par l'expertise des écoconcepteurs que par l'apport des outils* » [Vallet et al. 2012]. Ainsi, l'évaluation environnementale requiert des connaissances particulières qui dépassent la simple maîtrise de l'outil utilisé.

Après avoir donné notre définition de l'écoconception, nous avons énoncé les principes qui la régissent. Ces principes nous ont permis de montrer que la conception intégrée était naturellement un cadre pour pratiquer l'écoconception. Cependant, ses propriétés ne peuvent se limiter à la considérer comme la simple introduction d'un point de vue. Ce constat est particulièrement visible quand nous étudions l'importance et les difficultés rencontrées lors des évaluations environnementales. Tout ceci nous amène à envisager l'écoconception sous un angle particulier.

⁴⁸ Leur nombre va varier selon les bases de données utilisées.

II. Etat de l'art des travaux relatifs à la construction de connaissances locales en écoconception

Nous allons mettre en évidence que l'amélioration de la prise en compte de l'environnement en conception ne se résume pas simplement au suivi de méthodes ou à l'utilisation d'outils. En effet, il s'agit également de combler un manque de connaissances assez important chez ses acteurs. Nous verrons notamment que les connaissances manquantes sont de niveau local.

A. Un besoin de connaissance en écoconception notamment locale

1. Un besoin de connaissances en écoconception

A partir d'un sondage auprès de 108 entreprises suédoises, Jönbrink *et al.* montrent, qu'après le critère économique et le manque de temps, c'est le manque de *compétence* qui empêche la mise en place de l'écoconception [Jönbrink *et al.* 2013]. Ils mettent également en avant que les deux premiers besoins en la matière sont de *nouvelles connaissances* et la mise à *disposition de compétences extérieures*. Par une étude qualitative, Hallstedt *et al.* listent huit facteurs clés pour l'implémentation de l'écoconception en entreprise, parmi eux nous retrouvons le besoin de *disposer de moyens systématiques pour partager les connaissances et construire des compétences* dans ce domaine [Hallstedt, Thompson, and Lindahl 2013]. Belji *et al.* établissent le même constat [Belji *et al.* 2013]. Millet *et al.* considèrent que pour intégrer la dimension environnementale, il faut « *une organisation apprenante* » p169 [Millet *et al.* 2003]. Manzini insiste également sur le besoin de produire un « *new design knowledge* » en écoconception [Manzini 2009]. Le besoin de connaissance en écoconception est ainsi un constat partagé par la communauté scientifique.

Mais nous constatons également que les termes associés au concept de connaissance ne sont jamais vraiment manipulés avec précaution, alors qu'ils possèdent de nombreux sens comme nous l'avons détaillé dans la partie précédente (voir I.B.1). Par exemple, Dewulf *et al.* estiment que ce besoin de connaissance doit être distingué selon plusieurs aspects [Dewulf and Duflou 2004]. Il y a un besoin d'« *ecodesign education* » qui serait comblé en « *providing easy access to domain knowledge from the environmental domain, which is usually outside a company's core business* ». Cela fait référence à ce que nous appelons des objets de connaissance constituant des savoirs environnementaux.

Le besoin de connaissance en écoconception est un constat partagé de façon assez unanime. Ce besoin a donné lieu à des études, mais compte tenu des différents sens donnés à la notion de connaissance, il est difficile de l'appréhender de façon précise et les réponses apportées restent partielles.

2. Des réponses partielles aux problèmes des connaissances en écoconception

Nous présentons des initiatives qui visent à combler ce besoin de connaissances en écoconception. Le premier constat est l'étendue des appellations existantes : site, outil, système, Knowledge Management System (KMS), plateforme, logiciel, etc. Nous n'allons pas étudier ces différences en profondeur. En effet, nous avons fait le choix d'adopter le point de vue d'un *utilisateur* qui cherche une solution sans porter attention à la nature de cette dernière. Le second constat est qu'il existe de nombreuses initiatives. Ainsi, nous en présentons un large panel qui ne se veut pas exhaustif mais que nous estimons assez représentatif. Afin de pouvoir décrire ces

initiatives, nous nous inspirons des éléments⁴⁹ de la grille MYSMAC développée pour « *suivre et analyser des systèmes de gestion des connaissances* » [Longueville and Dudézert 2003].

Bustillo *et al.* ont conçu une *plateforme de partage d'information* pour améliorer l'efficacité des machines-outils [Bustillo, Nègre, and Lazcanotegui 2013]. Il s'agit de connecter des capteurs (consommation énergétique etc...) à des modules de calcul ou de visualisation. Kuo souhaite apporter une aide pour les concepteurs dans la thématique recyclage des déchets électriques et électroniques (DEEE) [Kuo 2010]. Il a construit une plateforme qui permet de collecter puis de regrouper des informations sur le produit (nomenclature, matériaux, procédés de recyclage...) depuis diverses sources (fournisseurs recycleurs, concepteur...). Elle doit permettre de faire des retours au concepteur, par exemple, en calculant un taux de recyclage. Ces deux initiatives se focalisent essentiellement sur la gestion d'information. Et même si ce type de réponse semble éloigné de notre sujet d'étude, il nous paraît utile de l'évoquer tant il est fréquent de les trouver dans la bibliographie. L'approche de Germani *et al.* vise à aider les concepteurs à appliquer les guidelines d'écoconception [Germani et al. 2013]. Elle s'appuie sur un Case-Based Reasoning qui permet de capitaliser les « *knowledge relative to the past designers experience* ». Étant donné que ces « *cas* » ont été explicités, il s'agit d'informations proches de *l'action*. Kozemjakin *et al.* étudient comment le Design Rationale peut apporter un soutien aux écoconcepteurs [Kozemjakin, Carrillo, and Remy 2013]. Il s'agit d'utiliser une « *représentation de la connaissance* », c'est-à-dire le cheminement entre les options, arguments et décisions de conception. Ce type d'approche manipule aussi des informations sous forme d'arborescence graphique.

Autre exemple, le projet européen Sustainability Maker⁵⁰ qui avait pour objectif « *d'utiliser les opportunités des nouveaux médias et des stratégies « bottom-up » dans la résolution de problèmes liés à l'environnement* ». Il a débouché sur la conception d'une plateforme intitulée *Innonatives* [Innonatives 2014]. Celle-ci prend la forme d'un site internet collaboratif proche de *l'action*. Un utilisateur *dépose un challenge* c'est-à-dire un problème⁵¹ qu'il souhaite voir résoudre par *la foule* car il n'y arrive pas seul. Ici, c'est un manque de compétence qui pousse l'utilisateur à utiliser la plateforme pour que les compétences d'autres lui viennent en aide.

De façon plus éloignée des activités opérationnelles de conception, il existe une série d'initiatives traitant du besoin de connaissance en écoconception. Le regroupement *Orée* propose une plateforme internet d'écoconception [Orée n.d.]. Elle regroupe un ensemble d'informations pour découvrir l'écoconception. Le fait que ces informations semblent être construites spécialement, nous indique qu'il s'agit d'objets de connaissance reconnus à minima par un groupe⁵², en l'occurrence *Orée*. Ces contenus sont consultables sur le site internet sans interaction possible. La plateforme *P2i* rassemble des informations techniques ou légales et il est possible de s'abonner afin d'être informé de certaines thématiques [Goepp, Rose, and Caillaud 2014].

⁴⁹ Elle permet une description selon 5 points de vue : les objectifs du système, les objets qu'ils manipulent, les fonctions qu'il réalise, les acteurs qui l'utilisent et les solutions techniques qui le supportent.

⁵⁰ LIFE11 ENV/DE/000342 [UE 2012]

⁵¹ « Construire un émetteur radio énergétiquement autonome » est un exemple de challenge.

⁵² *Orée* étant un regroupement, il est difficile de le considérer comme une institution à part entière.

Le site internet collaboratif *Seeds4green*, a quant à lui été conçu pour rassembler des documents liés à l'environnement [Teulon and Canaguier 2012]. Ces documents, principalement des résultats d'ACV, sont déposés par les utilisateurs et peuvent être retrouvés par une recherche à partir de mots-clefs ou de catégories. Une autre particularité de *Seeds4green* est de permettre aux utilisateurs de commenter les documents. Raherimandimby *et al.* ont développé un site intranet, pour le service R&D d'EDF, afin de « *décrire et classifier des concepts environnementaux* » [Raherimandimby *et al.* 2009]. Ce site permet aux utilisateurs de naviguer, par l'intermédiaire d'une interface graphique, et de découvrir ces notions et leurs structurations respectives. Les contenus étant validés par un professeur des universités, nous en déduisons qu'il s'agit d'objets de connaissance plutôt institutionnels.

Nous souhaitons identifier si ces initiatives couvrent l'intégralité des besoins de connaissance en écoconception. Pour ce faire, nous avons choisi une grille d'analyse selon trois dimensions liées à la collaboration, aux éléments manipulés et à la distance à l'activité (voir Figure 13). Nous avons vu que l'écoconception était collaborative par nature, ce constat était-il aussi présent dans les initiatives présentées ? Ainsi, la première dimension de description est le niveau de collaboration possible lors de leurs utilisations. Nous l'estimons *faible* si les actions possibles par un utilisateur sont « unidirectionnelles » c'est-à-dire qu'il peut uniquement consulter des informations. La collaboration sera *modérée* si les actions sont « bidirectionnelles », l'utilisateur pourra alors consulter mais aussi déposer des informations. Enfin la collaboration des utilisateurs sera *forte* si cela est essentiel au fonctionnement du système. Nous avons également construit un cadre théorique pour préciser le champ des connaissances. C'est pourquoi la seconde dimension est l'élément du domaine concerné pour le système étudié. Lors de la construction du champ des connaissances, il est apparu que la distance à l'activité était un paramètre pertinent pour décrire les connaissances, il constituera la troisième dimension de notre échelle de description.

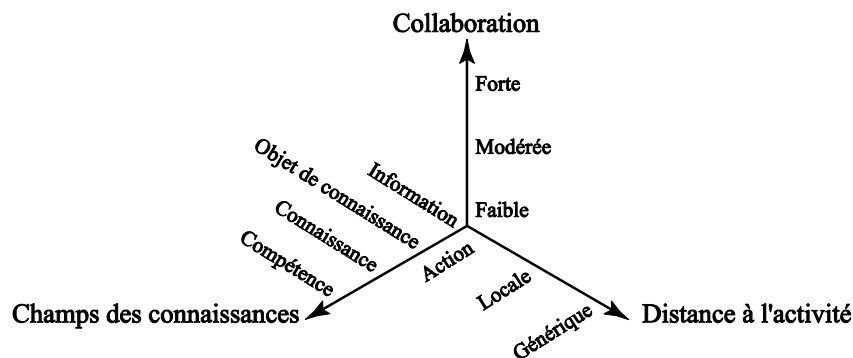


Figure 13. Grille d'analyse selon 3 dimensions

La comparaison des initiatives évoquées dans cette partie selon ces trois dimensions est présentée dans la Figure 14. Nous constatons qu'une très grande partie des initiatives existantes offre peu ou pas de collaboration entre les utilisateurs : les contenus sont « *statiques* ». Compte tenu des définitions que nous avons adoptées, elles ne sont pas dédiées à la manipulation des connaissances mais elles se limitent aux informations et aux objets de connaissance. Nous pouvons imaginer qu'un utilisateur peut créer un lien avec ces objets pour engendrer des connaissances. Cependant, la distance à l'activité des objets manipulés est limitée à deux niveaux :

- Soit *générique*, les contenus ne dépendent pas du contexte (de l'entreprise, secteur d'activité etc...) mais ont une portée plus *universelle*

- Soit *action*, les objets utilisés n'ont un sens et une portée que vis-à-vis de l'activité.

Ils n'existent donc pas au niveau *local*, c'est-à-dire avec une portée locale et contextuelle. Ce niveau étant un intermédiaire entre des objets valides « tout le temps » ou « une fois ».

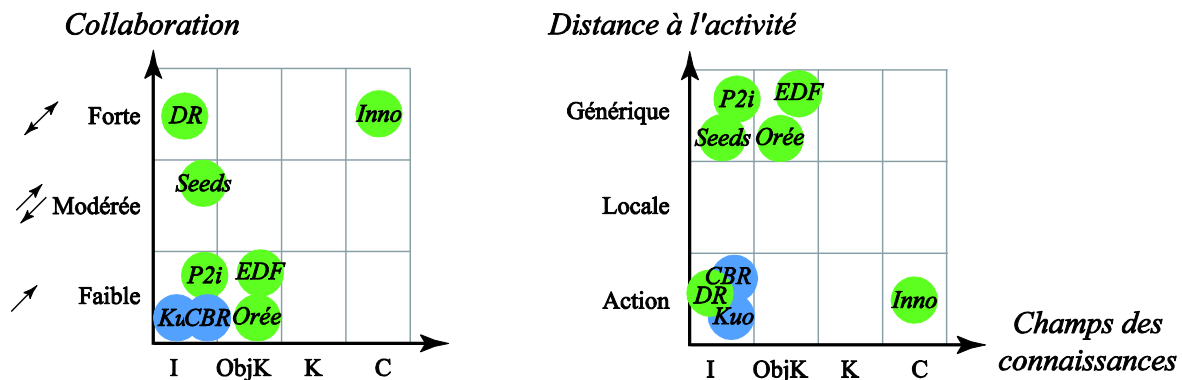


Figure 14. Comparaison des initiatives relatives aux connaissances en écoconception selon 3 dimensions

Pourtant nous allons voir que le besoin de connaissance en écoconception est lié à un niveau local et nécessite de disposer de contenus dynamiques.

3. Besoin de création de connaissances locales en écoconception

Nous venons de montrer que les connaissances locales ne sont pas traitées par les initiatives liées aux connaissances en écoconception. Nous allons voir que pourtant le manque de connaissances locales est une problématique importante pour les démarches d'écoconception.

En effet, l'écoconception s'appuie sur des connaissances locales. De nombreux objets de connaissance, pourtant partie prenante de ces activités, n'ont qu'une portée locale, car hors d'un contexte donné (secteurs d'activité, entreprise, types de produit...), ils ne sont plus valides. C'est le cas par exemple des taux de recyclabilité pour les DEEE [Vital 2006]. Il est nécessaire de construire un indicateur propre à ce domaine mais qui ne peut être utilisé hors de celui-ci.

L'écoconception, en tant qu'expertise, est toujours en évolution. Nous avons déjà souligné la question de la raréfaction des matières premières ou l'évolution du cadre réglementaire. C'est pourquoi il paraît naturel que la réponse aux problèmes posés par le manque de connaissance soit dynamique et contextualisée. A titre d'exemple, le système développé pour le service R&D de EDF est peu collaboratif dans son usage même si sa construction l'a été [Raherimandimby et al. 2009]. Malheureusement, les contenus qu'ils manipulent sont statiques car leurs processus de vérification, par un acteur académique, sont longs et complexes. Davenport *et al.* établissent le constat suivant : « *Of course, everyone has met "experts" whose knowledge seems to consist of stock responses and who offer the same old answer to any new question: every problem looks like a nail to a person who has only a single conceptual hammer in his toolbox. We would argue that the expertise of these experts ceases to be real knowledge when it refuses to examine itself and evolve. It becomes opinion or dogma instead* » [Davenport and Prusak 1998]. Cette longue citation permet de montrer l'importance d'être capable de remettre en cause les connaissances et aussi d'émettre des jugements pour traiter des problèmes nouveaux.

Nous partageons le point de vue suivant : « *C'est pourquoi nous défendons l'idée que l'intégration de l'environnement doit passer par la création de connaissances, afin de réduire la part d'incertitude aujourd'hui inhérente à la majorité des décisions prises [...]* » p104

[Jacqueson 2002]. L'écoconception a besoin de connaissances mais qui n'existent pas forcément encore.

Nous venons de voir que l'écoconception nécessite des connaissances particulières. Après avoir étudié un panorama des initiatives existantes, nous avons établi qu'elles étaient peu ouvertes à la collaboration entre utilisateurs. De plus, elles ne traitent pas du niveau local des connaissances alors qu'il est supposé déterminant dans les démarches d'écoconception.

Les connaissances locales permettent de combler dans une certaine mesure une absence de connaissances génériques liées à l'écoconception. Ce niveau est intéressant car il est plus aisé de chercher à construire des connaissances *locales* que *génériques*. Nous allons dans la partie suivante étudier quels sont les moyens de construction de ces connaissances.

B. L'interaction sociale comme moyen de construction de connaissance

Nous venons de constater qu'en écoconception il existe un besoin de création de connaissance notamment à un niveau local. Nous allons commencer par comprendre les mécanismes de transformation de connaissance existant. Cela nous permettra de décrire les initiatives actuelles et de se rendre compte que la création de connaissance n'est pas aisée. C'est pourquoi nous discuterons de l'intérêt des interactions sociales dans les processus de construction de connaissances.

1. Les mécanismes de transformation des connaissances

Compte tenu des définitions adoptées dans la précédente partie, nous présentons quelques mécanismes de transformation et manipulation associés aux éléments du champ des connaissances.

Le modèle SECI de Nonaka *et al.* considère les mouvements possibles entre et au sein des domaines des *informations* et celui des *connaissances* [Nonaka, Toyama, and Konno 2000]. Ainsi, il propose quatre types de transformations : la combinaison, l'externalisation, l'internalisation et la socialisation (voir Tableau 5).

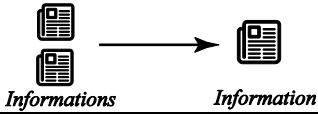
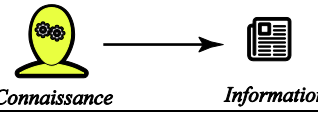
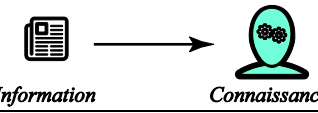
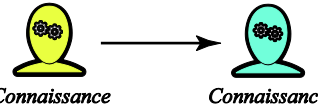
	Description	Exemples
<p>Combinaison</p>  <p>Informations → Information</p>	La combinaison est la transformation d'information en information.	<i>Je rassemble plusieurs articles en un document, je crée une base de données...</i>
<p>Externalisation</p>  <p>Connaissance → Information</p>	L'externalisation décrit la conversion de connaissance en information.	<i>Je réalise une fiche de retour d'expérience (REX), je rédige une note de calcul...</i>
<p>Internalisation</p>  <p>Information → Connaissance</p>	L'internalisation se produit lorsqu'une information devient une connaissance.	<i>Je consulte un manuel d'utilisation, je mesure une pièce...</i>
<p>Socialisation</p>  <p>Connaissance → Connaissance</p>	La socialisation est le passage de connaissance d'un individu à un autre.	<i>Les relations maître-apprenti ou jedi-padawan sont des exemples de socialisation.</i>

Tableau 5. Modèle SECI adapté de Nonaka *et al.*

Le modèle descriptif proposé par Mougin *et al.* permet notamment de se concentrer sur les éléments du domaine des informations [Mougin *et al.* 2015]. Par l'intermédiaire de ce modèle, ils ont pu par exemple décrire les mécanismes à l'œuvre au sein d'une communauté de pratique (voir Figure 15). Parmi les éléments qu'il contient, nous avons déjà évoqué la notion de traces de connaissance qui une fois partagées par d'autres peuvent devenir un objet de connaissance. Mais nous retrouvons aussi la possibilité pour un objet de connaissance d'être « emballé »⁵³ c'est-à-dire rendu compatible avec un système d'information.

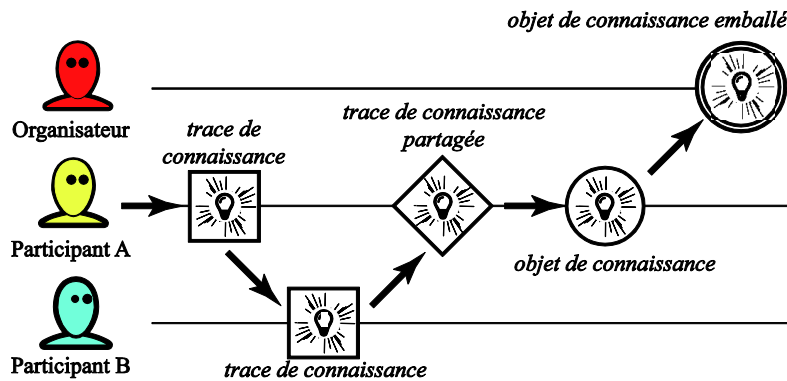


Figure 15. Exemple de mécanisme de transformation de connaissance, adapté de Mougin *et al.*

Cette idée est issue des travaux de Markus sur une théorie de la réutilisation de la connaissance [Markus 2001]. Elle insiste notamment sur l'importance de trois rôles dans ces processus. Un *intermédiaire* doit *conditionner*⁵⁴ les informations externalisées par un *producteur* afin d'être réutilisé par un *consommateur* (voir Figure 16).

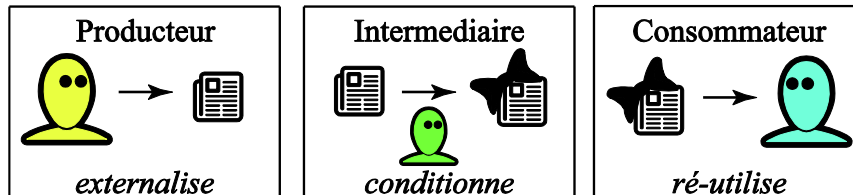


Figure 16. Rôles dans la réutilisation de la connaissance [Markus 2001]

Le transfert de compétence entre deux acteurs peut s'avérer complexe. Ainsi, comme le montre la Figure 17, la compétence C d'un acteur s'appuyant sur une connaissance K peut être externalisée en une information. Cette même information engendrera une nouvelle connaissance K' chez l'autre acteur. Il disposera ainsi d'une compétence C' sans garantie que C et C' soient équivalentes.

⁵³ Les auteurs utilisent le terme de « *packaged* ».

⁵⁴ C'est-à-dire préparer « *by eliciting it, indexing it, summarizing it, sanitizing it, packaging it* » [Markus 2001]

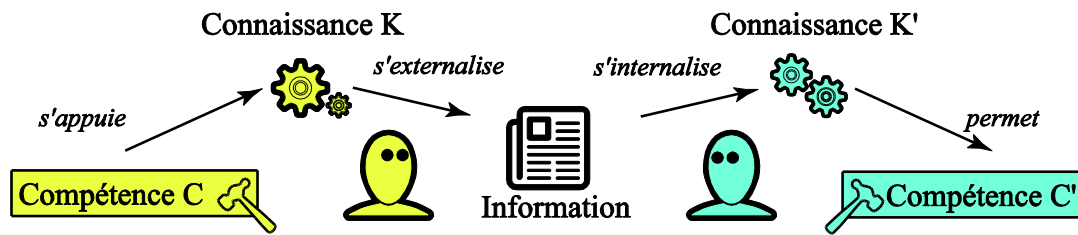


Figure 17. Mécanisme de transfert de compétences

Le champ des connaissances est donc manipulable par différents mécanismes qui ont été conceptualisés. Il est possible de les décrire par les transformations qu'ils engendrent ou les acteurs qui sont impliqués dans leurs réalisations. Nous pouvons nous rendre compte de la complexité de certains mécanismes d'apparence simple. Ils vont nous permettre à présent d'étudier les moyens de répondre au besoin de connaissance.

2. Répondre au besoin de connaissance

Les mécanismes présentés dans la partie précédente nous permettent de décrire quelques initiatives susceptibles de répondre au besoin de connaissance.

Le système dédié au service R&D d'EDF, présenté en II.A.2, repose sur l'externalisation de connaissances d'un expert afin d'être internalisées par les utilisateurs. L'observation d'un forum internet dédié à un logiciel de simulation permet à Mougine *et al.* d'identifier que le transfert de connaissance se déroule par la manipulation des traces de connaissance des utilisateurs. La méthode GAMETH apporte des moyens de traiter la problématique liée aux *connaissances cruciales en entreprise* [Grundstein and Rosenthal-sabroux 2009]. Il s'agit de l'ensemble des compétences et objets de connaissance disponible au sein de l'entreprise mais qui sont *vulnérables*⁵⁵. La problématique se décompose, selon Grundstein *et al.*, en cinq facettes liées au repérage, à la préservation, à la valorisation, à l'actualisation et au management de ces connaissances. Il existe par ailleurs de nombreuses initiatives pour modéliser les connaissances, la méthode MASK [Ermine 1996], ou encore décrire les procédés de recherche de connaissance extérieur [Purcell, Mcgrath, and Patrick 2010].

En gardant les dimensions évoquées dans la partie A.2, nous pouvons noter que les initiatives précédentes manipulent des *informations* ou des *objets de connaissance génériques* avec des collaborations qui semblent *modérées*. Ceci nous permet de compléter la précédente analyse (voir Figure 14) qui mettait en évidence que les systèmes existants pour traiter les problématiques relatives aux connaissances en écoconception ne couvraient pas tous les secteurs considérés. Nous prenons aussi en compte des initiatives de type *wiki* qui manipulent des *objets de connaissances génériques* avec des flux de collaboration *élevées*. Ces remarques sont représentées dans la Figure 18. Le concept de « cas d'école »⁵⁶ est un objet de connaissance car construit et reconnu par une institution. Il est d'un niveau intermédiaire entre *l'action*, puisqu'il fait référence à un cas concret, et *local* puisqu'il a vocation à guider d'autres activités [Troussier *et al.* 1999]. Nous avons également indiqué la possibilité qu'un utilisateur développe

⁵⁵ La vulnérabilité se caractérisant par « la rareté, l'accessibilité, le coût et le délai d'acquisition ».

⁵⁶ « Un cas d'école » tel que défini par Troussier *et al.* est, dans le cas d'analyse mécanique, un cas simple judicieusement choisi pour mettre en avant un phénomène et ainsi aider à la modélisation du problème traité [Troussier *et al.* 1999]

des connaissances, puis des compétences, à partir des objets de connaissance manipulés par un système.

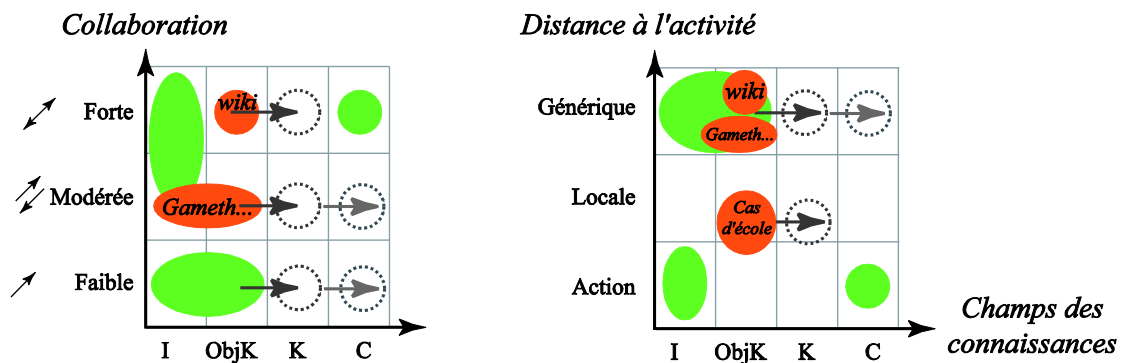


Figure 18. Comparaison des initiatives relatives aux connaissances en général selon 3 dimensions

Nous nous rendons compte, comme l'évoquait Markus, que « *l'un des thèmes centraux du KM est le rôle du système d'information dans le transfert de connaissance entre ceux qui en possède et ceux qui n'en possède pas* » p58 [Markus 2001]. Les mécanismes existants reposent systématiquement sur le postulat que la connaissance existe et qu'il faut être capable de la transférer. Les approches usuelles tentent de gérer la connaissance dès lors qu'elle existe. De plus, les mécanismes de transfert ne peuvent garantir que la connaissance engendrée chez l'utilisateur sera identique à celle visée tant le contexte individuel peut être influent. Notons tout de même que chaque individu peut construire des connaissances sans que cela soit maîtrisé. Malheureusement, il est difficile d'orienter cette construction vers des connaissances qui seraient jugées importantes.

Bernard propose une typologie des KMS basée, entre autre, sur la « *psychological safety* » [Bernard 2006]. Étant donné qu'il est souvent possible d'identifier les utilisateurs de KMS, il s'agit de s'intéresser à la *sécurité*⁵⁷ qu'ils peuvent ressentir. Lorsqu'elle est faible, il lui est « *inconfortable de prendre des risques, expérimenter et* » surtout « *d'admettre ses erreurs* ». A contrario, lorsque qu'un utilisateur se sent en *sécurité*, il est plus enclin à « *expérimenter pour améliorer les activités du groupe* ». Le contexte social joue un rôle fort dans l'utilisation de KMS mais nous allons voir qu'il peut également apporter une réponse à notre besoin de construction de connaissance.

La création ou construction de connaissances n'est pas un mécanisme trivial mais il existe cependant des moyens de la réaliser.

3. Les interactions sociales pour la construction de connaissances

Nonaka *et al.* considèrent qu'une entreprise produit de la connaissance de façon continue [Nonaka *et al.* 2000]. Cette vision ontologique de l'organisation, comme un tout, les amène à théoriser les processus qui régissent ce phénomène. Ils proposent un « *modèle unifié de la dynamique de création de connaissances* » qui repose sur trois éléments. Le premier est le modèle SECI qui a été en partie présenté dans le Tableau 5. Nonaka *et al.* l'utilisent pour décrire une « *spirale de création* », c'est-à-dire que la connaissance se crée par une répétition

⁵⁷ La notion de *sécurité* est intimement liée à celle de *confiance* c'est-à-dire « *le partage de croyance entre les personnes* » [Edmondson 1999].

du cycle : Socialisation puis Externalisation puis Combinaison puis Internalisation etc... Cependant cette « spirale » ne se déroule que dans un contexte précis. Il s'agit du deuxième élément, appelé le « Ba ⁵⁸ ». Celui-ci est défini comme un « contexte partagé en mouvement » qui est un espace, non nécessairement physique, lié à un moment spécifique. Le Ba apporte « l'énergie, la qualité et l'espace pour réaliser » la spirale de création de connaissance. Concrètement le Ba peut prendre la forme d'une réunion. Novak *et al.* affirment que « la construction de connaissance » nécessite de disposer d'un « contexte social et cognitif partagé » [Novak and Wurst 2005]. Cette vision du Ba peut se traduire, selon eux, sous forme de « plateforme communautaire partagée ». Le troisième élément du modèle de Nonaka *et al.* s'intéresse au patrimoine connaissance qui est créé par les 2 premiers.

Peillon *et al.* notent que le concept de Ba dépasse largement celui de communauté [Peillon, Boucher, and Jakubowicz 2006]. Selon eux, il offre un cadre dynamique qui permet « l'évolution non seulement des connaissances, mais aussi et surtout de la relation des individus à la réalité de l'entreprise ». En effet, le Ba est lié aux interactions humaines qui se déroulent en son sein [Nonaka *et al.* 2000]. Se plaçant dans la lignée des courants constructivistes et socioconstructivistes, Novak *et al.* démontrent que la « construction de connaissance est inhérente aux processus sociaux » p3 [Novak and Wurst 2005]. De la même façon, Fraslin affirme que « l'interaction de 2 personnes est fondamentale pour le partage de connaissance » car « aussitôt que des acteurs communiquent [...] ils commencent un processus d'apprentissage dans le sens où cela va changer leurs représentations mentales initiales » p109 [Fraslin 2013]. Cassier définit le concept d'interaction comme « des actions [...] conscientes et dirigées vers un but, émises par un individu à destination d'artefacts ou d'individus, et pouvant être médiatisées par un instrument. » p51 [Cassier 2010]. Fraslin complète cette vision en précisant qu'il doit être possible d'observer des phénomènes « retours » à ces actions, citant [Kerbrat-Orecchioni 2005], et qu'elles prennent place dans un contexte commensurable c'est-à-dire que les individus partagent un langage commun, citant [Shigehisa 1993].

La thèse de Boboc porte sur la dynamique des connaissances et plus précisément sur les formes de socialisation dans l'entreprise Renault [Boboc 2002]. Reprenant une citation d'Hatchuel *et al.*, la connaissance y est définie comme : « compos(ée) d'un ensemble de thèses et de questions » p.16 [Hatchuel and Weil 1992]. La notion de questionnement nous intéresse tout particulièrement car n'est-elle pas la source de tout apprentissage ? Et la construction de connaissance répond aux mêmes objectifs. Ainsi, nous nous tournons une nouvelle fois vers le champ de la didactique. Bachelard commence son ouvrage, traitant de la formation de l'esprit scientifique, par cette hypothèse « c'est en terme d'obstacle qu'il faut poser le problème de la connaissance scientifique » p15 [Bachelard 1938]. Il complète cette idée par le fait que « toute connaissance est une réponse à une question » p16. Il serait donc possible de cibler la connaissance à créer par le choix de la question ou la définition d'un problème à résoudre.

⁵⁸ Le « Ba » est un kanji, idéogramme conceptuel d'origine chinoise, qui signifie d'un côté la terre ou un espace pouvant se révéler fertile (土) et de l'autre la divination ou le mouvement (易) [Fayard 2006].

Nous avons commencé cette partie en tentant de répondre au besoin de création de connaissance posée par l'écoconception. Après avoir évoqué les mécanismes de transformation de connaissance, nous avons dressé un panorama des méthodes usuellement appliquées. Cela nous a permis de constater qu'elles reposent sur le postulat d'une connaissance déjà existante. Cependant, nous avons établi qu'il est nécessaire de construire des connaissances nouvelles, et que cela est possible à condition d'organiser des interactions sociales dans une situation particulière et selon un questionnement donné.

Il nous semble à présent pertinent de nous intéresser à la place des objets intermédiaires dans la réalisation de ces interactions.

C. Les objets intermédiaires dans les interactions

La partie précédente a montré que les interactions sociales sont fondamentales dans la construction de connaissance. Nous allons voir dans cette partie que l'étude de ces interactions nous amène à comprendre le concept d'objets intermédiaires et particulièrement sa place en conception.

1. De l'interaction à l'objet intermédiaire

Fraslin dans sa thèse affirme « *qu'observer l'interface d'un système est un bon moyen pour mesurer la nature des interactions et pour évaluer les pratiques de gestion de connaissances* »⁵⁹ p73 [Fraslin 2013]. Une interaction entre deux acteurs se produit nécessairement selon une interface qui peut donc participer aux dynamiques de connaissances. En reprenant Koike *et al.*, Fraslin rappelle qu'une interface est composée des cinq éléments suivants : « *des acteurs, des outils, des règles et procédures, un cadre spatiotemporel et des objets intermédiaires* » [Koike and Blanco 2005].

Qu'est-ce qu'un objet intermédiaire ? Cette interrogation est d'autant plus forte que Vinck reconnaît en ce concept une « *matérialité (qui) reflète parfois un savoir collectif négocié et stabilisé en même temps (que le) véhicule d'une connaissance qui reste à expliciter* » p56 [Vinck 2009]. En étudiant les réseaux de coopérations scientifiques, Vinck a montré que les objets intermédiaires permettaient de « *structurer des activités (...), harmonis(er) des pratiques (...) et constitut(er) un espace de circulation des savoirs* » p55 [Vinck 2009].

Cette notion d'objet intermédiaire, théorisée par [Vinck 1992], a naturellement été étudiée dans le contexte de la conception.

2. Les objets intermédiaires de la conception

Jeantet émet le constat suivant « *les concepteurs passent le plus clair de leur temps à créer, manipuler, discuter, interpréter, évoluer, transformer, etc... des textes, des graphes, des calculs, des modèles informatiques, des dessins, des maquettes, etc...* » [Jeantet 1998]. C'est pourquoi il analyse la place de ces objets dans l'activité de conception. Les objets intermédiaires de la conception regroupent les « *objets produits ou utilisés au cours du processus de conception, traces et supports de l'action de concevoir, en relation avec outils, procédures, et acteurs* ». Leur définition reste volontairement floue car les objets intermédiaires doivent être avant tout être identifiés de façon empirique. Ils partagent néanmoins « *l'action de conception* »

⁵⁹ Traduit par nos soins.

et sont définis selon trois registres: « *la traduction, la médiation et la représentation des actions* » [Jeantet 1998].

Les objets intermédiaires facilitent, réalisent ou participent aux interactions et jouent donc un rôle dans la construction de connaissances. Boujut les reconnaît comme « *un outil empirique exceptionnel pour l'analyse des situations effectives de conception* » p22 [Boujut 2001]. Vallet *et al.*, dans le cadre des démarches d'écoconception et citant [Akermark 2003], indiquent justement que « *l'utilisation d'un outil donne une opportunité pour définir un langage, une structure et rendre visible les objectifs aux acteurs* » [Vallet et al. 2012]. Néanmoins, nous avons trouvé peu de référence traitant des objets intermédiaires en écoconception.

<p>Le rôle des objets intermédiaires ne peut être occulté tant ils participent aux interactions et donc à la construction de connaissance. Nous constatons néanmoins que cette notion est peu étudiée dans le cadre des démarches d'écoconception.</p>
--

III. Problématiques de recherche

A. La construction de connaissances locales en écoconception

Nous avons mis en avant que la prise en compte de l'environnement en conception se heurtait à de nombreuses difficultés. Le « reflexe » est trop souvent de considérer qu'une difficulté doit être surmontée nécessairement par l'utilisation d'un nouvel outil ou d'une nouvelle méthode. Les propriétés de l'écoconception imposent un regard nouveau sur ces problèmes. C'est ce que nous avons montré en nous intéressant à la dimension cognitive de ces activités. L'étude bibliographique a permis de montrer que le manque de connaissances locales en était une cause de dysfonctionnement. Nous avons aussi montré que la création et le partage de ces connaissances étaient peu étudiés alors qu'ils sont déterminants dans la conduite d'une démarche d'écoconception. C'est pourquoi nous formulons la question de recherche suivante :

« Comment améliorer les démarches d'écoconception en prenant en compte les connaissances locales ? »

L'étude bibliographique a permis d'identifier au moins trois leviers majeurs sur lesquels il est possible d'agir pour répondre à cette question.

B. Leviers liés à cette construction de connaissances locales en écoconception

1. Levier n°1

Nous avons remarqué qu'il était difficile d'identifier précisément les défaillances liées à ce besoin de connaissance. Une mauvaise identification des besoins conduit à la proposition de solutions qui ne sont pas toujours adaptées. C'est pourquoi il faut être capable de :

« Mettre en évidence, dans un processus d'écoconception, les défaillances liées à un besoin de connaissances locales »

L'étude de ce levier et les propositions apportées feront l'objet du chapitre 4.

2. Levier n°2

L'étude bibliographique a aussi montré qu'il n'existait pas ou peu d'initiatives visant à construire des connaissances à un niveau local. Elle a également permis de constater que l'organisation des interactions sociales était une réponse possible à ce besoin. Ceci nous amène à dire qu'il faut :

« Créer une situation pour mettre en interaction des acteurs afin de construire des connaissances locales »

L'étude de ce levier et les propositions apportées feront l'objet du chapitre 5.

3. Levier n°3

Etant donné l'importance des interactions sociales dans la construction de connaissances, nous avons étudié les interfaces entre les acteurs. Ceci nous a conduits à mettre en évidence le rôle des objets intermédiaires en conception. Il a été montré que ceux-ci pouvaient permettre ou faciliter ces interactions, et donc qu'ils jouent un rôle déterminant dans ces constructions de connaissance. C'est pourquoi nous souhaitons :

« Améliorer les interactions entre les acteurs des démarches d'écoconception par la construction d'objets intermédiaires »

L'étude de ce levier et les propositions apportées feront l'objet du chapitre 6.

Chapitre 3 : Présentation de la démarche de recherche et du terrain industriel

Résumé : Dans ce chapitre, nous rappelons les objectifs et l'organisation de nos travaux, nous décrivons la démarche suivie et nous justifions les choix faits. Nous délimitons le champ de l'étude et présentons le terrain d'observation industriel utilisé sur lequel s'appuieront nos propositions.

I. Objectifs et organisation des travaux.....	68
A. Objectifs de nos travaux	68
B. Organisation de nos travaux	68
II. Démarche de recherche envisagée	69
A. Description de la démarche de recherche envisagée	69
B. Justification de la démarche de recherche envisagée	69
1. S'appuyer sur un nombre de cas limité.....	70
2. Construire des savoirs à la fois théoriques et pratiques	70
C. Restreindre le champ de l'étude.....	71
1. L'Analyse de Cycle de Vie, une étape cruciale des démarches d'écoconception.....	71
2. Afficher une volonté d'entreprise	72
3. L'importance du niveau local dans les démarches d'écoconception	72
III. Adaptation de la démarche de recherche	72
A. Description de la démarche de recherche associée au levier n°1	72
B. Description de la démarche de recherche associée au levier n°2	74
C. Description de la démarche de recherche associée au levier n°3	75
IV. Aubrilam, un terrain d'observation pertinent	75
A. Présentation et organisation industrielle d'Aubrilam	75
1. Présentation de l'entreprise Aubrilam	75
2. Organisation industrielle d'Aubrilam	76
B. La démarche environnementale chez Aubrilam.....	76
1. Pour commencer, une volonté de communiquer.....	76
2. A présent, une intégration progressive	77
3. L'écoconception dans un futur proche ?	78
C. Implantation et observation d'une méthodologie d'écoconception chez Aubrilam	78
1. Implémentation d'une méthodologie d'écoconception.....	78
2. Un terrain d'observation riche	79

I. Objectifs et organisation des travaux

A. Objectifs de nos travaux

La question de recherche que nous formulons dans cette thèse nous pousse à nous interroger sur les moyens permettant d'améliorer les démarches d'écoconception par la prise en compte de connaissances locales. Nous avons identifié trois leviers majeurs permettant de répondre à cette question. Le premier concerne la capacité de mise en évidence, dans un processus d'écoconception, des défaillances liées à un besoin de connaissances locales. Ceci nous amène au second levier puisqu'il s'agit de construire des connaissances locales ciblées par la création d'une situation d'interaction entre acteurs en entreprise. Le dernier levier concerne la création d'objets intermédiaires à l'interface des différents acteurs des démarches d'écoconception, favorisant les interactions et donc la construction de connaissances.

Ainsi, cette thèse s'inscrit complètement dans la réponse à un besoin industriel et nécessite à la fois l'élaboration de savoirs et d'outils pratiques dans le domaine de la construction des connaissances locales.

B. Organisation de nos travaux

Ce chapitre a pour objectif de présenter le cadre méthodologique sur lequel s'appuie cette thèse. L'identification de ce cadre méthodologique nous a conduits à cibler notre champ d'étude et à sélectionner un terrain d'observation industriel pertinent pour nos observations.

Afin d'améliorer les démarches d'écoconception par la construction de connaissances locales nous avons donc fait trois propositions, correspondant aux trois leviers qui seront décrits dans les chapitres suivants.

Le chapitre 4 concernera la proposition relative à la mise en évidence dans un processus d'écoconception des défaillances liées à un besoin de connaissances locales. La construction et la proposition d'une méthode y sera présentée. L'activation pratique de cette proposition au sein du contexte d'Aubrilam sera ensuite décrite.

Le chapitre 5 s'intéressera à un moyen de créer une situation d'interaction d'acteurs en entreprise pour construire des connaissances locales ciblées. Une mise en pratique s'inspirant du contexte industriel d'Aubrilam sera réalisée lors d'une situation pilote en milieu académique. Une analyse des interactions permettra notamment de statuer quant à l'efficacité de cette proposition.

Le chapitre 6 traitera de la création d'un objet intermédiaire dédié au cas particulier des interfaces entre les différents acteurs impliqués lors d'Analyses de Cycle de Vie. L'observation de l'utilisation pratique de cette proposition sera réalisée par une étude empirique.

Pour ces trois propositions, le cadre méthodologique proposé a dû être adapté, ce que nous présenterons en partie III ce chapitre.

II. Démarche de recherche envisagée

A. Description de la démarche de recherche envisagée

Nous souhaitons pouvoir construire et valider nos propositions au sein d'une démarche commune fortement ancrée dans un contexte industriel. C'est pourquoi le paradigme constructiviste radical, tel que le définit Avenier, est apparu totalement adapté [Avenier 2009].

Dans le cadre d'un paradigme constructiviste radical, « *l'élaboration de savoirs et leur justification, qui est appelée légitimation, sont deux processus simultanés indissociables* » [Avenier 2009]⁶⁰. Ainsi, il ne s'agit pas de valider un savoir mais de le « *légitimer* » par les « *praticiens* » lors d'une « *activation* », c'est-à-dire une mise en pratique⁶¹, et par la communauté scientifique lorsque le savoir vient à « *combler un vide théorique* ». Dans ce cadre, « *les savoirs (...) ont le statut d'hypothèses plausibles* » à la stricte condition que la manière selon laquelle ils « *ont été élaborés (soit) précisément explicitée* ». Dans ce paradigme constructiviste radical, Avenier propose un « *cadre méthodologique* » qui associe fortement le chercheur et le praticien.

Après avoir été définie, la question de recherche est interrogée selon une revue bibliographique afin de déterminer si des savoirs déjà existants ne permettraient pas de la résoudre, ou du moins si l'activation de ces derniers ne pourrait pas traiter le problème pratique initial. Dans le cas contraire, il s'agit d'un « *vide théorique* », nécessitant donc la construction d'un savoir nouveau. Pour que cette construction puisse intégrer « *l'expérience de praticiens* », elle doit se dérouler selon deux niveaux : l'élaboration de savoirs locaux à partir des connaissances des praticiens, puis la généralisation⁶² de ces savoirs par une « *conceptualisation et une décontextualisations* ». Avenier, citant [Barin Cruz 2007], reconnaît que ce passage « *s'effectue à travers "un saut inventif du chercheur"* ». Ce cadre méthodologique permet d'aboutir à un savoir qui, une fois activé, diffusé auprès des praticiens, et reconnu par la communauté scientifique, revêt à la fois une scientificité et une pertinence pratique. En d'autres termes, ce savoir est légitimé par la pratique et sa méthode de construction est explicitée, la rendant ainsi réitérable.

B. Justification de la démarche de recherche envisagée

Le cadre offert par Avenier nous paraît pertinent car il permet à la fois de mener nos travaux sur un nombre de cas limité et de construire des savoirs à la fois théoriques et pratiques. Dans cette partie, nous ne cherchons pas à établir une hiérarchie parmi les méthodes de recherche existante, mais simplement à justifier le choix d'un cadre pour nos travaux. Car, comme le souligne Avenier, l'important est avant tout « *d'explicitier le paradigme épistémologique* » dans lequel prend part la recherche.

⁶⁰ L'ensemble des citations réalisées dans ce paragraphe sont issues de cet article.

⁶¹ Avenier précise qu'un chercheur souhaite construire des savoirs avec uniquement « *une intention d'actionnabilité* », seul le praticien peut percevoir réellement l'actionnabilité de ce savoir.

⁶² Avenier note que la généralisation des savoirs est *verticale* dans un paradigme constructiviste car selon une conceptualisation et une décontextualisations. Nous parlerons de généralisation *horizontale* s'il s'agit d'une extension du domaine de validité.

1. S'appuyer sur un nombre de cas limité

Se placer au sein d'un paradigme constructiviste radical permet de s'appuyer sur un nombre de cas limité. Ce cadre se détache nettement du paradigme positiviste⁶³ couramment considéré comme le seul en vigueur en recherche scientifique.

Chalmers⁶⁴ utilise le terme de voie scientifique pour décrire les deux étapes qui composent le cadre positiviste [Chalmers 1987] (Figure 19). La première voie est ascendante, ou « *bottom-up* », car elle permet d'établir, à partir de faits observés, des lois ou des théories⁶⁵. Cette démarche par induction, ou empirico-inductive, se différencie de la démarche dite descendante ou « *top-down* ». En effet, cette seconde voie hypothético-déductive vise à vérifier ou infirmer des savoirs et Cassier souligne que « *ce travail (...) prend la forme d'une expérimentation (...) [c'est-à-dire d'] une situation artificielle dans laquelle les conditions sont contrôlées* » [Cassier 2010].

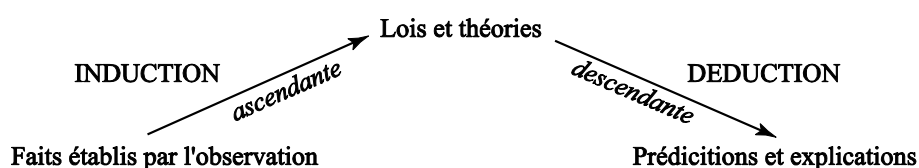


Figure 19. Voies de recherche ascendante et descendante [Chalmers 1987] repris de [Cassier 2010]

La définition de la *connaissance* retenue dans notre étude rend le contexte individuel de son porteur extrêmement influent sur l'étude de celle-ci. La modélisation d'un individu dans toute sa richesse cognitive reste un travail inextricable⁶⁶. Les éléments qui peuvent composer le contexte individuel de chacun sont nombreux (formation initiale, vécu dans l'entreprise, tempérament, etc.) et ne sont pas indépendants. Ainsi, contrairement à une étude sur un matériau qui peut s'appuyer sur de nombreux essais pour en tirer des conclusions, les études concernant le champ des connaissances doivent se limiter à des échantillons plus réduits.

Le paradigme constructiviste radical évite donc de devoir valider des hypothèses par des répliques sur de nombreux cas, ceci étant complexe à réaliser pour notre étude.

2. Construire des savoirs à la fois théoriques et pratiques

Nos travaux visent à construire des savoirs à la fois théoriques et pratiques⁶⁷. Nous avons décidé de nous placer dans un paradigme constructiviste radical plutôt que dans d'autres, comme la Design Research Methodology (DRM), car il est moins contraignant à mettre en place.

⁶³ « *Système d'Auguste Comte, qui considère que toutes les activités (...) scientifiques ne doivent s'effectuer que dans le seul cadre de l'analyse des faits réels vérifiés par l'expérience (...)* » Larousse.fr

⁶⁴ Cité dans la thèse de Cassier p94 (Cassier 2010).

⁶⁵ Nous pouvons utiliser les termes d'objet de connaissance et de savoir définis dans le chapitre 2.

⁶⁶ Ce qui nous semble être, par ailleurs, une bonne chose.

⁶⁷ Avenier décrit cela comme le « *[franchissement] d'un fossé réputé infranchissable* » [Avenier 2009].

La Design Research Methodology (DRM) de Blessing et Chakrabarti veut apporter un cadre méthodologique aux recherches en conception [Blessing and Chakrabarti 2009]. Elle repose aussi sur le milieu industriel et s'organise selon quatre étapes distinctes (Figure 20). Il s'agit de définir les objectifs de l'étude et leurs critères d'évaluation puis de réaliser une étude descriptive pour comprendre les liens entre les paramètres de l'étude et ces critères. Ceci permet de formuler des recommandations qui sont mises en place lors d'une étude prescriptive. Et naturellement se pose la question de l'évaluation et de l'éventuelle validation des propositions.

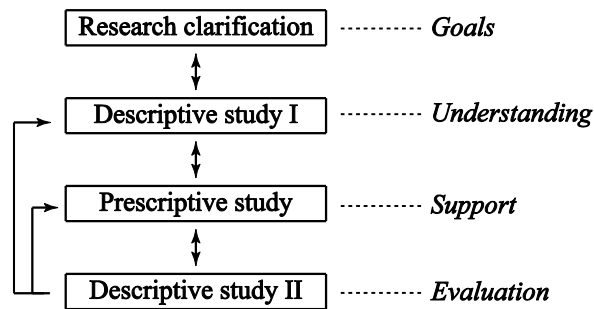


Figure 20. Etapes et résultats de la DRM extraits de [Blessing and Chakrabarti 2009]

Cassier soulignera que « l'étape prescriptive (...) représente un véritable moyen de valider à la fois des hypothèses et les supports qui les rendent opérationnelles » [Cassier 2010]. Cependant, nous pouvons constater que la DRM impose la mise en place de moyens qui peuvent s'avérer lourds d'un point de vue organisationnel et également conceptuel. C'est le cas par exemple, de la définition et la mesure de certains critères d'évaluation ou de la multiplication des études à mener.

C. Restreindre le champ de l'étude

Afin de guider le choix d'un terrain industriel, de limiter les investigations et d'augmenter la portée de nos analyses et de nos propositions, nous avons restreint notre champ d'étude aux trois points suivants : l'analyse du cycle de vie, le niveau d'implication de l'entreprise et le niveau local de construction de connaissances.

1. L'Analyse de Cycle de Vie, une étape cruciale des démarches d'écoconception

Les évaluations environnementales font partie intégrante des démarches d'écoconception. Il est en effet indispensable d'être capable d'évaluer l'impact d'un produit lorsque que l'on souhaite le réduire. L'Analyse de Cycle de Vie est l'une des méthodes principalement utilisée dans ce domaine. Néanmoins, nous avons constaté que l'intégration des ACV aux démarches d'écoconception pouvait s'avérer difficile (chapitre 1). Parmi ces difficultés, nous avons identifié l'importance du rôle des *connaissances* (chapitre 2). Cette dimension cognitive se compose d'éléments *génériques*, c'est-à-dire éloignés de l'action et non liés au contexte local. Une illustration est donnée par les difficultés posées par la compréhension des indicateurs environnementaux. Il est important de noter que cette dimension cognitive est aussi composée d'éléments *locaux* à savoir directement liés au contexte local et proches de l'action. Il ne peut exister des règles génériques pour régir les influences des différents acteurs sur l'impact environnemental d'un produit. Il s'agit donc de *savoirs* propres à chaque entreprise ou secteur d'activité.

Ainsi, les évaluations environnementales, et particulièrement les Analyses de Cycle de Vie, sont des éléments cruciaux dans les processus d'écoconception. Les difficultés qu'elles posent

sont représentatives de celles présentes au sein des démarches d'écoconception en général (chapitre 2). C'est pourquoi, il nous apparaît important dans la suite de notre étude d'investiguer particulièrement les activités liées à l'ACV.

2. *Afficher une volonté d'entreprise*

Il faut reconnaître que le cadre réglementaire, même s'il est en évolution, n'est que peu contraignant vis-à-vis de la mise en place de démarches d'écoconception. Rien n'est imposé, ni même proposé, à ce niveau. C'est pourquoi, à l'heure actuelle, lorsqu'une entreprise décide de mettre en place une démarche d'écoconception sur l'un ou plusieurs de ses produits, il s'agit souvent d'une impulsion stratégique. Cette volonté ayant des difficultés à être déclinée en actions opérationnelles.

Même si les leviers de motivation sont un champ d'étude intéressant pour encourager ce type de démarche, nous faisons le choix dans cette thèse de considérer cette motivation comme acquise. Ce postulat se justifie à double titre : il est le reflet d'une partie de la réalité industrielle (chapitre 1) et il laisse néanmoins un champ d'action raisonnable à nos travaux. Ainsi, l'objectif de notre étude est d'améliorer les démarches d'écoconception d'entreprises ayant déjà affiché une volonté forte et souhaitant mettre en place des réponses au niveau opérationnel.

3. *L'importance du niveau local dans les démarches d'écoconception*

Les éléments du champ des connaissances mis en scène en conception, et *a fortiori* en écoconception, peuvent être de niveau générique ou local (chapitre 2). Le niveau *générique* traduit les éléments possédant un large domaine de validité. Dans le cadre de l'écoconception, l'étude de ce niveau engendre des constructions ayant des portées décontextualisées qui peuvent quelques fois être complexes à mener et surtout éloignées des activités opérationnelles. Or nous venons de voir, au travers des deux points précédents, l'importance d'être proche de *l'action*, et les difficultés à décliner des volontés stratégiques à un niveau local.

Nous allons donc particulièrement nous concentrer sur ce niveau dans nos travaux. Nos observations seront proches des activités des acteurs tout comme nos propositions.

III. Adaptation de la démarche de recherche

Nous venons de présenter la démarche de recherche que nous souhaitons adopter dans nos travaux. Les aléas de notre collaboration industrielle nous ont contraints à adapter cette démarche à chaque levier d'étude. Nous présentons ici ces différentes démarches ainsi que les outils méthodologiques qui ont été utilisés. Le terrain industriel sera présenté en partie IV.

A. Description de la démarche de recherche associée au levier n°1

La démarche de recherche associée au levier n°1 a été la plus proche du cadre proposé par Avenier [Avenier 2009]. Nous avons notamment retenu qu'il permet de s'affranchir d'une recherche systématique de validation en proposant le concept de *légitimation*. Il repose particulièrement sur *l'activation pratique* d'une proposition au sein d'un *contexte d'activation*. Elle s'est déroulée au sein du terrain industriel, associé à nos travaux, dans lequel nous avons mis en pratique notre proposition. Afin de respecter le cadre, la proposition et sa méthode de construction ont été *communiquées* auprès de la communauté scientifique par la publication d'un article scientifique lors d'une conférence internationale [Baouch et al. 2014].

Nous avons mené des entretiens afin d'obtenir des informations qualitatives et pour « maîtriser » ce procédé nous avons construit et utilisé des guides d'entretien. La conduite d'entretiens semi-structurés a permis de donner un cadre à la discussion pour ne pas oublier les informations que nous souhaitons obtenir. Mais cela a permis également de laisser la liberté à l'interlocuteur d'évoquer des éléments que nous n'avions pas prévus. Les entretiens ou leur synthèse, ont été relus par la personne interrogée afin de vérifier si ses propos avaient bien été interprétés, et s'ils devaient être complétés. Il existe différentes méthodes pour analyser des données qualitatives et donc des entretiens [Andreania and Conchon 2005]. Le codage, ou la catégorisation des données recueillies, peut être ouvert ou fermé. Dans le premier cas, les catégories sont déduites des données. Cette manière inductive impose, notamment, une exhaustivité dans le traitement : tous éléments émanant de la personne interrogée doivent être catégorisés. Dans le second cas, le codage est décidé avant l'entretien⁶⁸. Celui-ci est ensuite conduit de manière à ce que les réponses puissent l'enrichir. Dans les deux types de codage, les catégories peuvent être alimentées en utilisant des unités syntaxiques (phrases, ensemble de mots...) ou sémantiques (idées exprimées...). Tout ceci engendre un temps de traitement assez long mais donne du sens et une valeur aux résultats. Même lorsqu'il s'agit de données primaires, c'est-à-dire sans intermédiaire, les informations obtenues lors d'un entretien ne peuvent être considérées comme strictement objectives. Il est quelques fois nécessaire de les mettre en perspective par des études bibliographiques ou des observations in situ.



Figure 21. Documents utilisés lors d'une revue de projet

Nous avons aussi observé directement des situations industrielles. Une simple visite d'entreprise permet d'approcher une compréhension de l'environnement de travail de ces acteurs et offre un moyen de mettre en perspective leurs entretiens. Nous pouvons aussi analyser les documents qu'ils manipulent dans leurs activités ou qu'ils utilisent pour communiquer en interne ou externe. Observer des réunions, par exemple des revues de projet, a offert des données considérables (Figure 21).

Les travaux menés dans le cadre du levier n°1 ont donc utilisés de nombreuses données qualitatives. Ceci a imposé d'être rigoureux et également transparent, lors de leurs manipulations et de leur mesure.

⁶⁸ Par exemple à partir d'une étude bibliographique.

B. Description de la démarche de recherche associée au levier n°2

Selon la définition retenue dans cette thèse, la *connaissance* est intimement liée à l'individu. Nous avons montré que les mécanismes de construction de connaissances reposaient sur l'organisation des interactions sociales (chapitre 2). Ainsi, les travaux associés au second levier ne peuvent être réalisés sans prendre en considération les acteurs humains et surtout leurs interactions. Les situations d'échange entre différents participants sont le théâtre de phénomènes que nous cherchons donc à capter. L'obtention de ce type de données peut être réalisée soit en temps réel par une observation directe des interactions, soit a posteriori par une analyse de retranscription d'échange. Nous pouvons citer les travaux de Cassier et son utilisation de la méthode RAINBOW [Cassier 2010]. Il s'agit d'une grille d'analyse des interactions lors de situations de débat en milieu scolaire, développée dans le cadre d'un projet de recherche européen⁶⁹. Cette grille permet de catégoriser les interactions selon leurs fonctions (Tableau 6). Ces catégories offrent ainsi des moyens d'analyser les interactions de participants selon leurs répartitions ou leurs enchaînements.

Catégories	Description
1 Hors activité	Une interaction qui n'a pas de lien avec la réalisation de la tâche définie par le chercheur. (...) Ex : <i>évoquer l'activité du week-end passé</i>
2 Relation sociale	Interaction qui concerne la gestion des relations sociales liées à la réalisation de la tâche : <i>remerciements, politesse (...)</i>
3 Gestion de l'interaction	Interaction qui concerne la gestion de l'interaction elle-même : (...) <i>coordination, (...), gestion du temps, etc...</i>
4 Gestion de la tâche	Gestion de l'avancement de la tâche : <i>planification de ce qui doit être discuté (...)</i>
5 Opinions	Interaction d'expression d'opinion (points de vue, acquiescement) (...)
6 Argumentation	Expression d'un (contre)-argument directement lié à une thèse, d'une thèse elle-même, d'une demande de justification.
7 Exploration Approfondissement	Interaction de (contre)-argumentation à propos de (contre)- arguments, de liens argumentatifs (...)

Tableau 6. Extrait de la description de la grille RAINBOW[Cassier 2010]

Cet exemple met en avant les possibilités d'analyse des interactions humaines, et il sera adapté selon nos objectifs. Nous retenons qu'il est nécessaire de prendre quelques précautions méthodologiques. La catégorisation d'interaction doit être réalisée de la façon la plus objective possible. Pour ce faire, il faut utiliser des catégories explicites et également, si cela est possible, faire réaliser ces catégorisations par plusieurs personnes. Lors d'observation en temps réel de différentes situations par plusieurs observateurs, il est pertinent de réaliser un « étalonnage ». Ceci en faisant observer la même situation par le groupe d'observateur afin qu'ils comparent et s'accordent sur leurs façons d'analyser.

Pour réaliser le levier n°2, nous souhaitons proposer un moyen permettant la construction de connaissances chez des acteurs. Sa mise en pratique n'a pu être réalisée directement au sein du terrain industriel. Néanmoins, nous avons récréé une situation pilote à partir des données réelles afin d'évaluer notre proposition. L'indisponibilité du terrain industriel a également perturbé la démarche de recherche initialement souhaitée pour traiter le 3^{ème} levier. Nous présentons dans la partie suivante, l'utilisation de ces situations « artificielles » pour compléter les mises en pratique « réelles ».

⁶⁹ Le projet SCALE pour Support Collaborative Argumentation-based Learning.

C. Description de la démarche de recherche associée au levier n°3

Nous avons construit un objet intermédiaire permettant de réaliser l'interface entre différents praticiens d'une ACV. Nous souhaitions initialement observer son utilisation directement au sein de notre terrain industriel. Malheureusement, comme pour le précédent levier, cette activation n'a pas pu être réalisée et nous l'avons recréée lors d'une séance pédagogique avec des étudiants.

D'une manière générale, la recherche en génie industriel est quelques fois confrontée à l'impossibilité d'utiliser directement le terrain industriel. Confidentialité des données, disponibilité des ressources humaines... les raisons à ces difficultés peuvent être multiples. Il est cependant possible de construire des situations « artificielles », c'est-à-dire ne prenant pas place au sein d'un contexte « réel ». Pour étudier les dynamiques de connaissances à l'œuvre en conception, Prudhomme *et al.* ont construit des situations avec des étudiants [Prudhomme et al. 2007]. Chaque étudiant devait se considérer comme un ingénieur mécanique d'une entreprise au sein d'un groupe de trois, pour s'accorder sur une solution technique liée à un problème de conception. Ces situations artificielles permettent de capter des phénomènes difficilement observables dans une situation réelle. Blanco présente dans sa thèse l'expérience du « magicien d'Oz », décrite par Parent [Parent 1997], qui repose sur le principe suivant : un participant «*est invité à penser « à haute voix » c'est-à-dire décrire verbalement ce qu'il pense* » [Blanco 1998]. L'enregistrement de ces échanges donne une image du raisonnement personnel de la personne observée. Lors de la construction de ces situations artificielles, il est possible d'isoler certains paramètres à observer. Ahmed *et al.* ont ainsi comparé les différences de raisonnement en conception entre des concepteurs *experts* et *novices* [Ahmed, Wallace, and Blessing 2003]. Pour ce faire, ils ont fait réaliser à chaque groupe la même tâche, hors contexte réel, et ont comparé leurs méthodes de conception.

Nous retenons qu'il est possible de construire des situations artificielles⁷⁰ : en plaçant des acteurs industriels dans une situation qui ne l'est pas ou en faisant jouer des rôles industriels à des participants qui ne le sont pas.

IV. Aubrilam, un terrain d'observation pertinent

Etant donné les objectifs de notre étude, nous avons besoin d'un terrain d'observation industriel. L'entreprise Aubrilam a été contactée car elle est engagée dans une démarche environnementale. De plus, sa taille raisonnable lui confère une dimension industrielle forte tout en restant accessible.

A. Présentation et organisation industrielle d'Aubrilam

1. Présentation de l'entreprise Aubrilam

Aubrilam est une entreprise de la catégorie des PME, créé en 1978, spécialisée en éclairage d'extérieur et en mobilier urbain en bois. Avec un chiffre d'affaire en 2014 de 12,8 k€, elle fabrique environ 20 000 produits par an selon 300 références différentes. Ses produits sont des mâts d'éclairage, des éléments de mobilier urbain comme des bancs, des barrières, des corbeilles, des jardinières et des bornes d'éclairage et de rechargement pour voiture électrique (Figure 22). Ses activités sont donc à la frontière du secteur du bâtiment, de l'urbanisme et

⁷⁰ L'observation de ces situations peut également permettre de compléter le réel.

intègrent ceux de l'électricité et de l'électronique. Néanmoins, Aubrilam a pour particularité de proposer des solutions autour du bois lamellé-collé. Cet aspect de l'entreprise se retrouve dans sa communication, mais également, nous l'avons constaté lors des différents entretiens menés, dans le discours de ses collaborateurs. Hormis les éléments d'éclairage et l'électronique en général, plus quelques rares exceptions, Aubrilam réalise seule, c'est-à-dire sans sous-traitance, l'ensemble de la fabrication de ses produits.



Figure 22. Exemples de produits d'Aubrilam

2. Organisation industrielle d'Aubrilam

Aubrilam est composée de 75 personnes réparties sur deux sites distants de 75 km. Le premier, situé à Clermont-Ferrand, regroupe les services commerciaux, la gestion (comptabilité et ressources humaines), le marketing et la direction. C'est également sur ce site que travaillent les 5 ingénieurs du bureau d'étude (BE) qui réalisent la spécification technique des produits⁷¹. Le second site, l'usine, se trouve à Brioude et rassemble les services industriels d'Aubrilam. Il s'agit des ateliers responsables de découpe, de l'usinage du bois, de son traitement (peinture, vernis...) et de l'assemblage des produits. Nous retrouvons aussi les services logistiques chargés à la fois de l'approvisionnement en matière première et de l'expédition des produits finis. Enfin, ce site héberge le service Qualité Sécurité et Environnement (QSE) composé de deux personnes. Ce dernier va particulièrement nous intéresser car en plus de s'occuper des problématiques de qualité et de sécurité, il a en charge la conduite des démarches environnementales au sein de l'entreprise.

B. La démarche environnementale chez Aubrilam

Aubrilam évolue au sein d'un marché dominé par des solutions en acier ou aluminium. Elle a donc choisi de valoriser sa particularité, l'utilisation du bois, sous l'angle environnemental⁷². Cette prise en compte de l'environnement peut être décrite chronologiquement.

1. Pour commencer, une volonté de communiquer

La prise en compte de la dimension environnementale remonte aux années 2000. Il s'agissait avant de tout de communiquer vers ses clients sur l'aspect *naturel* du bois utilisé dans la conception de leurs produits. L'entreprise a choisi de s'engager dans une démarche de

⁷¹ Le BE réalise, par exemple, le dimensionnement mécanique des produits ou les dessins techniques.

⁷² Pour preuve son slogan : « *Aubrilam Naturellement Durable* ».

déclaration environnementale de type III sous forme de Profil Environnemental Produit⁷³ (PEP). Elle a acheté une licence du logiciel EIME⁷⁴ pour réaliser les ACV de certaines de leurs références, principalement des mâts d'éclairage (Figure 23). Elle a été aidée par un cabinet de conseil dans ces étapes. Toujours avec cet objectif de démontrer les performances environnementales avantageuses des solutions bois par rapport aux solutions métalliques, Aubrilam a créé un « écocomparateur ». Il s'agit d'un classeur excel qui permet de comparer le PEP d'un mât Aubrilam à celui d'un mât métallique jugé équivalent et représentatif du marché européen. A destination des commerciaux, cet « écocomparateur » leur offre un moyen de démontrer les qualités environnementales des produits. Le déclencheur et la réalisation de ces actions reposaient sur une seule personne ayant un rôle très stratégique dans cette entreprise. Ceci permet d'expliquer l'avant-gardisme d'une PME sur ces questions environnementales.

Indicateurs environnementaux résultant de la fabrication	MOSHI 140-5m	Unités
Empreinte carbone	72,5	kg~CO2
Appauvrissement de la couche d'ozone	0,0157	g~CFC ₁₁
Formation d'ozone photochimique	29,2	g~C ₂ H ₄
Acidification de l'air	11,76	g~H ⁺
Toxicité de l'air	1,61E+07	m ³
Eutrophisation de l'eau	1,888	g~PO ₄ ³
Toxicité de l'eau	11,46	m ³
Consommation d'eau	0,301	m ³
Déchets dangereux	1,232	Kg
Épuisement des ressources naturelles	1,39E-15	/ année
Consommation Energie non-renouvelable	317	kWh

Figure 23. PEP du mât d'éclairage MOSHI 140-5m extrait de p19 [Aubrilam 2009]

2. A présent, une intégration progressive

Le service QSE est à présent en charge des démarches environnementales et s'est même élargi, en 2012, en recrutant une ingénieure pour traiter de ces aspects. Ses activités visent à poursuivre les actions précédentes comme la réalisation des PEP des produits d'Aubrilam mais également à veiller à une meilleure intégration de l'environnement au sein de l'entreprise. L'entreprise bénéficie depuis 2011 d'une certification ISO 14001. Ceci s'est traduit, par exemple, au sein de l'usine par une étude et une amélioration du poste du collage qui a permis de limiter les pertes de matière. Des actions sont menées également pour améliorer la réalisation d'ACV. Il s'agit de faciliter le transfert de données entre les fichiers CAO issus de Solidworks et le logiciel EIME. Et c'est une nouvelle fois un classeur Excel qui a permis cette fonctionnalité. La prise en compte de l'environnement chez Aubrilam n'est pas complètement traduite en démarche d'écoconception. En effet, les évaluations environnementales sont souvent réalisées a posteriori rendant impossible toute correction sur le produit⁷⁵. La volonté de mener des actions préventives est bien présente mais la réalité économique ne peut être oubliée. « *Faire de l'écoconception, on sait que c'est bien mais il faut que l'on réussisse à le vendre !* » cet extrait d'un entretien avec un responsable illustre assez bien ce constat. Néanmoins, la motivation de

⁷³ Il vise à « Fournir un cadre de référence commun et rigoureux (...) pour qualifier les performances environnementales des produits de manière objective & fiable » pep-ecopassport.org

⁷⁴ Développé par Bureau Veritas CODDE (codde.fr/eime/).

⁷⁵ Un ingénieur du BE nous dira : « On a plutôt fait de l'écoconception après la conception ».

la responsable QSE sur cette thématique permet d'envisager une intégration plus forte dans un futur proche.

3. L'écoconception dans un futur proche ?

La forte volonté du service QSE d'intégrer l'environnement dès la conception du produit résulte d'une motivation multiple. L'envie de cohérence, c'est-à-dire mettre en adéquation la communication avec la réalité des produits conçus, est présente au sein de l'entreprise. Cette cohérence est aussi poussée par une possibilité future de disposer d'un label pour valoriser l'écoconception de ses produits. Une autre source de motivation est de profiter des démarches d'écoconception pour « décharger » le service QSE de certaines activités. Il est par exemple envisagé que le BE réalise les PEP des produits d'Aubrilam en lieu et place du service QSE.

Un nouveau projet de banc d'extérieur a été le déclencheur pour s'engager dans une telle démarche. Aubrilam a fait appel à un cabinet de design réputé pour proposer un concept se voulant être l'alliance du bois et du minéral (Figure 24). Initialement baptisé « Wood&Stone », ce banc est composé d'une structure en acier sur laquelle reposent des lattes de bois et des modules bétons. Il s'agit d'un produit destiné à un marché haut de gamme déclinable selon plusieurs configurations.



Figure 24. Concept du banc « Wood&Stone »

Ce nouveau projet a servi de prétexte à la mise en place d'une collaboration avec le laboratoire G-SCOP. Elle devait permettre de réaliser l'écoconception du banc « Wood&Stone » et, dans la mesure du possible, de veiller à la pérennisation de ces démarches avec Aubrilam.

C. Implantation et observation d'une méthodologie d'écoconception chez Aubrilam

La collaboration entre l'entreprise Aubrilam et le laboratoire G-Scop a duré de septembre 2013 à janvier 2015. Elle a permis l'implantation d'une méthodologie d'écoconception et également l'observation de cette mise en place.

1. Implémentation d'une méthodologie d'écoconception

Dufrene dans sa thèse propose une méthodologie d'écoconception couplée à une plateforme logicielle [Dufrene 2015]. Aubrilam, avec la conception du banc « Wood&Stone », lui a offert un terrain d'étude pour mettre en place une partie de cette méthodologie.

La première partie de sa recherche a été de décrire et modéliser les processus de conception chez Aubrilam. Cette vision technique de l'entreprise lui a permis, dans un second temps, d'implémenter sa méthodologie en remplissant le rôle d'un responsable d'écoconception externe. Cela s'est traduit par des activités organisationnelles : Dufrene a participé et quelques fois animé, les réunions de travail sur la conception du banc. Ceci a permis d'aiguiller les choix de conception selon la dimension environnementale. Des activités plus opérationnelles ont aussi

été menées en réalisant, par exemple, l'ACV préliminaire du produit. Dufrene a ainsi pu guider les acteurs d'Aubrilam dans cette démarche d'écoconception. J'ai rejoint cette collaboration lorsque nous avons constaté qu'il était nécessaire de disposer « *d'une cartographie des interrelations entre les services pour avoir une vision complète de l'entreprise, que les acteurs eux-mêmes n'ont pas toujours* » [Dufrene 2015]. Construite à partir d'entretiens avec les différents services, nous avons été en mesure de formaliser les contraintes et relations que chacun entretenait.

Ce premier aspect de la collaboration a permis de réduire l'impact environnemental entre deux versions successives du banc « Wood&Stone ». Nous avons aussi constaté que la collaboration interne à Aubrilam était quelques fois difficile, leur démarche de conception n'étant pas vraiment intégrée. Des propositions de modification de la conception ont également été formulées par Dufrene, pour la réalisation de futures démarches d'écoconception.

2. Un terrain d'observation riche

Cet aspect de la collaboration m'a offert un terrain d'observation riche. J'ai analysé le contexte de travail des acteurs d'Aubrilam lors de visite ou d'entretiens (Tableau 7). Ces entretiens semi-structurés ont été menés de façon à identifier le spectre des activités de chaque personne, ainsi que les méthodes et leurs univers de travail (Tableau 8).

Service concerné	Durée	Nombre personnes
QSE	40min	1
BE	1h	1
Responsable usine	30min	1
Atelier	55min	3
Logistique	20min	1
SAV et Pose	25min	1
Commercial	1h	2

Tableau 7. Entretiens menés chez Aubrilam lors de l'analyse du contexte de travail

Activités	Quels sont ses activités ?
« Collaboration »	Avec qui travaille-t-il ?...
« Problèmes existants »	Quelles difficultés rencontre-t-il ?
« Solutions possibles »	Comment améliorer ses activités ?
« Contraintes »	Quelles sont les contraintes auxquelles sont soumises ses activités ?
« Ecoconception »	Quelles sont les activités liées à l'environnement ?...
« Communication »	Comment communique-t-il ? Quels outils utilise-t-il pour travailler ? etc.

Tableau 8. Eléments composant les guides d'entretiens

J'ai aussi observé l'intégralité des réunions de conception menées dans le cadre de l'implémentation de la méthodologie d'écoconception. Ainsi, dans la suite de notre étude toutes les informations relatives à Aubrilam vont s'appuyer sur ces différentes données.

La démarche environnementale d'Aubrilam est intéressante pour notre étude car elle est déjà engagée, mais elle nécessite tout de même un accompagnement. Cette PME est de dimension raisonnable, elle n'est pas sujette à l'inertie des entreprises de taille plus importante tout en gardant un caractère industriel non artisanal. Aubrilam nous offre donc un terrain d'observation pertinent pour la suite de nos travaux.

Chapitre 4 : Mise en évidence des défaillances liées à un besoin de connaissances locales par la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception, la méthode K²stor

Résumé : Ce chapitre présente la méthode K²stor qui est une méthode de mise en évidence des défaillances liées à un besoin de connaissances. Cette méthode de diagnostic permet d'établir, à partir de données en majorité issues du terrain, les défaillances des processus d'écoconception liées à un besoin de connaissance. La méthode K²stor repose sur la construction collaborative et l'analyse de scénarios d'écoconception. Ces derniers prennent la forme d'histoires écrites mettant en scène des *personas* et permettent d'accorder les acteurs de l'entreprise diagnostiquée sur une image de celle-ci. L'analyse des scénarios est réalisée selon une grille de lecture, que nous proposons, qui permet d'extraire une liste de défaillances identifiées aux seins des scénarios. La méthode K²stor a été mise à l'épreuve en milieu industriel. Les résultats de la construction et de l'analyse de trois scénarios nous permettent de statuer quant à sa légitimité pratique et également de dresser des perspectives d'études.

I. Une méthode de diagnostic du manque de connaissance locale par la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception	82
A. Chaque projet d'écoconception est un cas particulier	82
B. Le « Scenario-Based Design » comme source d'inspiration pour notre méthode de diagnostic	83
1. Les scénarios dans le Scenario-Based Design	83
2. Les personas dans le Scenario-Based Design	84
C. K ² stor une méthode de diagnostic du manque de connaissances par la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception	85
1. Présentation de la méthode K ² stor	85
2. La construction des scénarios et des personas	86
3. L'analyse des scénarios	87
II. Mise à l'épreuve en milieu industriel.....	89
A. Préambules	89
1. Contexte industriel.....	89
2. Préparatifs de la méthode K ² stor	89
B. Scénario n°1 : Adaptation à une réglementation.....	90
1. Choix du scénario n°1.....	90
2. Construction du scénario n°1	90
3. Analyse du scénario n°1	92
C. Scénario n°2 : Consultation d'un expert	93
1. Choix du scénario n°2.....	93
2. Construction du scénario n°2.....	93
3. Analyse du scénario n°2	94
D. Scénario n°3 : Réalisation d'Analyse de Cycle de Vie.....	94
1. Choix du scénario n°3.....	94
2. Construction du scénario n°3.....	95
3. Analyse du scénario n°3	96
E. Vers une légitimation pratique de la méthode K ² stor.....	96
III. Conclusion.....	97
A. Une méthode légitime.....	97
B. Perspectives	97

Le chapitre consacré à l'étude bibliographique a permis de montrer que l'intégration des démarches d'écoconception peut être améliorée par la construction de connaissances. Nous avons aussi établi que mettre en évidence les défaillances liées à un manque de connaissance est un levier nécessaire à la réalisation de cette intégration. C'est donc une méthode permettant de diagnostiquer ces cas de manque de connaissances liées à l'écoconception qui est proposée dans ce chapitre.

I. Une méthode de diagnostic du manque de connaissance locale par la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception

A. Chaque projet d'écoconception est un cas particulier

Il est difficile d'identifier précisément les problèmes auxquels se heurtent les acteurs lors des processus d'écoconception, et donc particulièrement ceux relevant d'un besoin de connaissance locale. Pour étayer ce constat nous nous appuyons à la fois sur le contenu de l'étude bibliographique, menée en chapitre 2, et sur l'analyse de l'entreprise Aubrilam, cas industriel présenté en chapitre 3. L'analyse de la littérature a montré qu'il existe une multitude de réponses aux problèmes liés aux connaissances dans les démarches d'écoconception, mais qu'elles ne répondent pas au manque de connaissances locales. Etant donné que ce niveau de connaissance est primordial dans la réussite et l'amélioration des démarches, nous en déduisons que les problèmes sont mal explicités.

La collaboration menée avec Aubrilam nous a aussi amené à observer les difficultés à identifier de façon précise des problèmes rencontrés par les acteurs. A titre d'exemple, nous avons constaté que le traitement des dysfonctionnements lors des projets a tendance à être guidé uniquement par les moyens habituels existants pour y répondre. Pour éviter les problèmes posés par la réalisation d'ACV, le service environnement de l'entreprise s'appuie sur un simple fichier excel contenant les correspondances entre les procédés utilisés par l'entreprise et les modules du logiciel d'ACV. Celui-ci devrait faciliter la collecte de données nécessaires à la réalisation de ce type d'étude. Bien qu'utile pour régler une partie des problèmes, cet outil est largement insuffisant vis-à-vis de l'intégralité des difficultés rencontrées pour ce type d'activité.

Par ailleurs, nous utilisons comme hypothèse de travail la nécessité d'appuyer le plus possible nos travaux sur la réalité industrielle. Ceci exclut donc toute démarche qui consisterait à proposer des concepts génériques. Nous estimons que, par exemple, tenter d'établir une liste exhaustive de défaillances probables, soit à partir de la littérature soit à partir de différents cas réels, ne permettrait pas aux acteurs d'identifier précisément les problèmes auxquelles ils font face, tant les réalités industrielles sont complexes et différentes. De plus, nous pensons qu'une approche générique risquerait de ne pas être acceptée par les acteurs locaux. Pour étayer ce sentiment, nous prenons en compte la teneur de certaines discussions⁷⁶ avec des responsables d'Aubrilam. Celles-ci nous ont montré qu'une proposition peut être pertinente et efficace à un niveau opérationnel, mais si elle semble trop générique, elle est considérée comme incompatible avec « *la réalité industrielle* ». Les acteurs de l'entreprise ont tendance à considérer les solutions « *Not Invented here* » comme forcément inadaptées à leur contexte. Ceci nous amène à réaliser le levier n°1 au travers du développement d'une méthode. Celle-ci permet de mettre en évidence dans un contexte industriel particulier les défaillances rencontrées par les acteurs de l'écoconception, liées au manque de connaissances en écoconception. Cette méthode de

⁷⁶ Extrait d'un entretien « *les solutions avec de grandes théories ne sont pas adaptées à notre petite entreprise, nous il nous faut du praticopratique* ».

diagnostic doit établir, à partir de données en majorité issues du terrain, les défaillances des processus d'écoconception liées à un besoin de connaissance (voir Figure 25). Il sera ainsi possible de l'appliquer sur chaque cas industriel pour obtenir une liste de défaillances la plus proche de cette réalité.

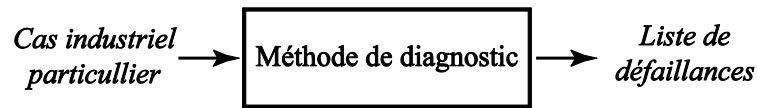


Figure 25. Objectifs de la méthode à développer

Le développement de cette méthode est soumis à deux contraintes majeures. D'une part, la volonté de s'appuyer majoritairement sur un terrain industriel se traduit par l'utilisation de données extrêmement hétéroclites. Les verbatim d'entretiens, les comptes rendus d'observation, les données techniques, etc... sont autant d'éléments différents que la méthode doit manipuler. D'autre part, elle doit permettre d'identifier des phénomènes non prédéfinis, c'est-à-dire sans avoir une idée précise du problème ni de ses solutions potentielles.

C'est pourquoi nous nous sommes inspirés d'une méthode de conception intitulée Scenario-Based Design⁷⁷. Elle permet d'avancer autant sur la délimitation des besoins que sur celle des solutions, et prend en compte, de façon centrale, les activités humaines.

B. Le « Scenario-Based Design » comme source d'inspiration pour notre méthode de diagnostic

La conception basée sur les scénarios (SBD) est une approche centrée utilisateur. Elle permet de décrire précisément l'usage d'un système au tout début de sa conception [Rosson and Carroll 2002]. L'attention est portée sur la manière dont les utilisateurs vont se servir du système plus que sur les fonctions qu'il doit réaliser. Cette approche est utilisée en informatique car elle offre aux concepteurs le moyen de discuter des besoins du client sans aborder la question des solutions techniques (que ce dernier maîtrise peu souvent). Et de l'autre côté, cela permet au client d'explicitier son contexte de travail qui peut s'avérer complexe pour le concepteur [Reeder and Turner 2011]. Arikoglu a également évalué dans sa thèse l'impact de ce type de méthode dans la conception de produits nouveaux [Arikoglu 2006]. Toujours selon Rosson *et al.*, le SBD est « *une méthode relativement légère pour envisager les usages possibles* » du système à concevoir. La *légèreté* qu'ils lui attribuent se justifie par sa simplicité de mise en œuvre. Elle repose sur la construction d'histoires à travers des scénarios mettant en scène des personnages aussi appelés *personas* [Cooper 1999]. Nous allons détailler les éléments qui la composent et que nous utiliserons dans notre proposition : les scénarios et les *personas*.

1. Les scénarios dans le Scenario-Based Design

Les scénarios sont le fondement de cette méthode et prennent la forme d'histoires écrites mais avec trois caractéristiques particulières [Rosson and Carroll 2002]. « *Les scénarios sont concrets mais sommaires* ». Ils permettent à la fois d'être facilement évalués et améliorés. « *Les scénarios sont orientés vers les personnes et leurs besoins* ». Il ne s'agit pas de narrer une histoire complète. Et enfin « *les scénarios sont suggestifs, engendrant des questions à différents niveaux* ». Un scénario est facile à écrire car il ne nécessite pas la maîtrise d'outil ou de formalisme. Nous pouvons en réaliser plusieurs afin de couvrir au mieux les besoins potentiels.

⁷⁷ Déjà été évoqué dans le chapitre 2.

Un scénario peut également être modifié dans un processus itératif. Le format narratif offre des possibilités créatives importantes grâce à l'utilisation d'images ou de métaphores. Il permet également les échanges entre différents acteurs. Une fois établi et partagé, il est possible d'en réaliser une synthèse en récapitulant, par exemple, les idées clefs. Rosson *et al.* illustrent cette méthode avec un exemple de recherche de solutions informatiques afin de permettre la communication et l'interaction entre les membres d'un club de science-fiction. Ils utilisent différents scénarios d'usage pour chaque solution possible (voir Tableau 9).

Un club de science-fiction sous forme d'un forum internet

...Sharon a appris à profiter des temps libres entre ses cours. (...) elle s'arrête à la salle informatique pour participer au club de science-fiction. (...) Lorsqu'elle ouvre le navigateur internet, elle se rend compte que ses favoris n'y sont pas sauvegardés ainsi elle se rend sur la page d'accueil de son « village électronique ». (...) Elle sélectionne son club de science-fiction. Une fois sur la page du club, elle peut voir qu'il y a 2 nouveaux commentaires, dans la discussion sur « les Robots et l'Empire » d'Asimov, un de Bill et l'autre de Sara...

Tableau 9. Exemple de scénario extrait et traduit de [Rosson and Carroll 2002]

Rosson *et al.* proposent un cadre pour appliquer cette approche. Nous retenons notamment la construction des scénarios en deux phases (voir Figure 26). Tout d'abord, il faut commencer par définir un *scénario problème*. Cette entrée apporte un point de départ en permettant d'établir le besoin que doit satisfaire le système. En effet, le *scénario problème* vise à décrire la situation actuelle, c'est-à-dire sans le système à concevoir. Il donne un éclairage sur les activités existantes, les interactions entre acteurs qui en résultent etc... Il met donc en avant les problèmes que les utilisateurs peuvent rencontrer. Ensuite, les auteurs préconisent de construire un *scénario utilisation*. Celui-ci permet d'imaginer comment le *scénario problème* peut être résolu avec le système à concevoir. Il est à noter que la construction des deux scénarios peut être réalisée en parallèle, la compréhension du problème et la définition d'une solution étant fortement imbriquées.

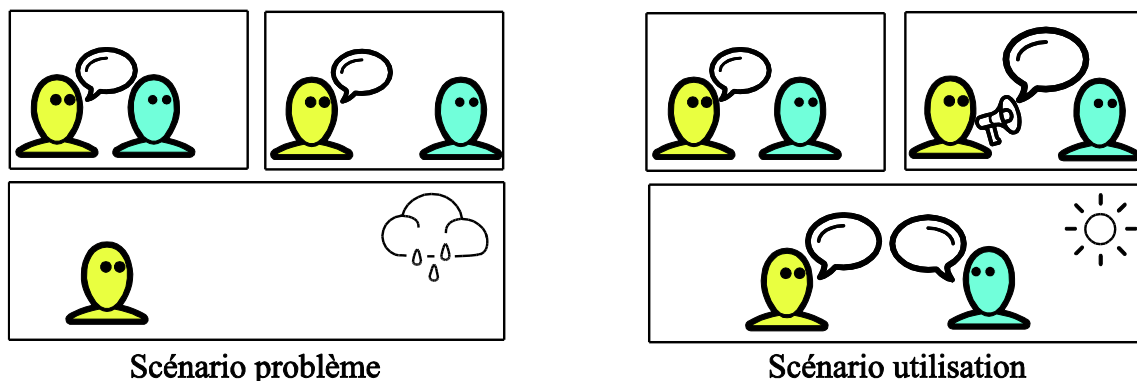


Figure 26. Scénarios problème et utilisation

L'utilité des scénarios nous paraît forte car ils offrent un moyen de réfléchir de front aux besoins et aux solutions. Ils ne demandent pas un investissement conséquent pour être réalisés. Ils peuvent s'appuyer sur des données hétéroclites et sont facilement modifiables. Nous allons à présent discuter des personnages qui vont évoluer dans ces scénarios.

2. Les personas dans le Scenario-Based Design

Il est rare de trouver une histoire sans qu'aucun personnage n'y soit impliqué. Les scénarios utilisés dans le cadre du SBD n'échappent pas à ce constat. Cependant, le terme de *persona* sera utilisé pour qualifier des « archétypes » [Cooper 1999]. Les *personas* permettent aux

concepteurs de mieux se focaliser sur les besoins de l'utilisateur et facilitent également les discussions. Richeson a réalisé une revue bibliographique sur ce sujet [Richeson 2002]. Il met en avant que les *personas* créent un détachement entre les concepteurs et leurs propres vécus. Il a établi quelques critères pour « rendre les *personas* efficaces ». Ces critères doivent être construits à partir de données réelles et non sur des hypothèses car ces dernières sont souvent le reflet d'idées préconçues. Les données à partir desquelles il est possible de les construire sont diverses : entretiens, sondages, études de terrain... Un *persona* se doit de posséder un nom, et non simplement une fonction, et être décrit par quelques éléments personnels ainsi qu'une photo. Il doit marquer les concepteurs pour qu'ils puissent le manipuler mais il ne doit pas les distraire par une abondance d'information. Un exemple de *persona* construit dans le cadre de cette étude est présenté dans le Tableau 10.

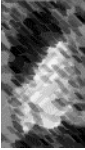
<p><i>Emma Tournesol, Responsable Environnement chez l'entreprise Supercolor</i> <i>Elle a été recrutée après un stage au sein de Supercolor pour intégrer le service Qualité, Sécurité et Environnement. Elle est en charge de tout ce qui concerne l'environnement de l'entreprise. Notamment, elle réalise des ACV sur les produits de la gamme. Sa formation initiale comporte une part environnementale mais son expérience pratique dans ce domaine est assez faible.</i></p>	
---	---

Tableau 10. Exemple d'un *persona* construit dans notre étude

Inspirée de la conception basée sur les scénarios (SBD), nous présentons dans la partie suivante notre proposition intitulée la méthode K²stor.

C. K²stor une méthode de diagnostic du manque de connaissances par la construction collaborative de scénarios liés à l'écoconception

1. Présentation de la méthode K²stor

Notre méthode K²stor se déroule en deux étapes principales : la construction de scénarios permettant d'illustrer les démarches d'écoconception, puis leur analyse. Elle repose sur deux rôles que nous appelons le *scénariste* et l'*analyste*. Il est préférable que ces personnes ne soient pas directement concernées par les résultats de ce diagnostic, c'est pourquoi il peut être pertinent qu'elles soient extérieures à l'entreprise diagnostiquée. Une synthèse de la méthode K²stor est donnée dans la Figure 27.

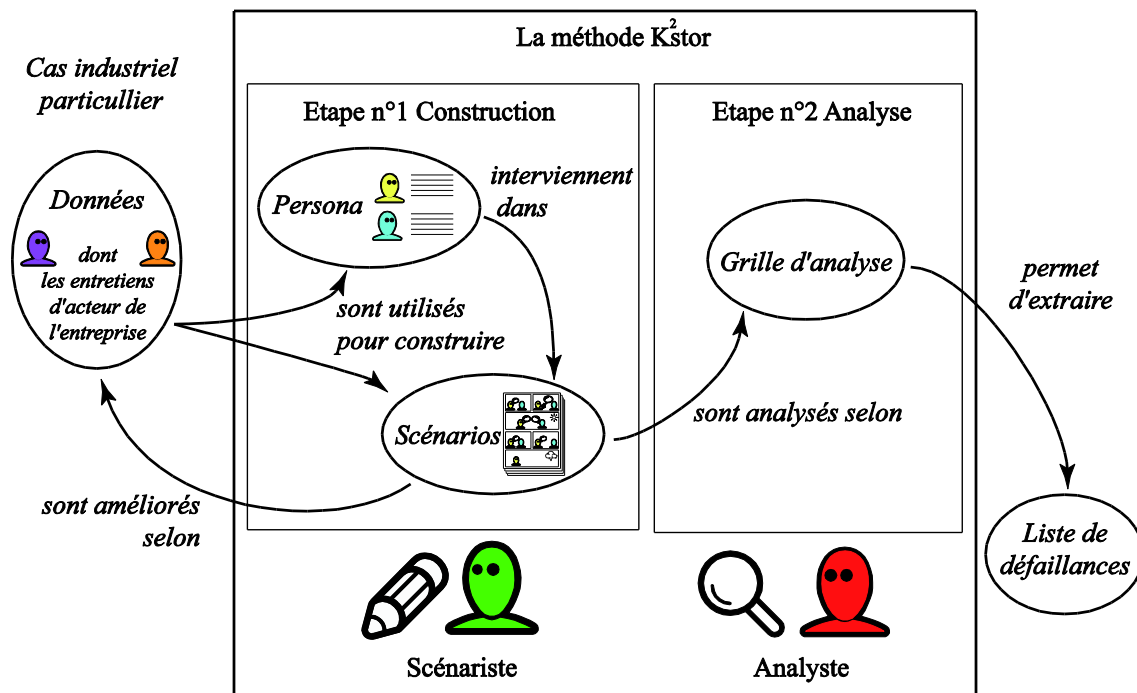


Figure 27. Description de la méthode K²stor

2. La construction des scénarios et des personas

La construction des scénarios commence par un synopsis, c'est-à-dire la description d'une situation, simple et évocatrice, qui laisse entrevoir un développement. Ensuite, le *scénariste* collecte des données sur ce thème afin d'être capable de comprendre et de décrire le contexte industriel sur des informations objectives et non uniquement sur des ressentis subjectifs. Cela permet d'identifier les éléments qui vont alimenter et enrichir le scénario. A titre d'exemple, il est possible de réaliser un entretien afin de connaître les opinions d'une personne sur le synopsis, si celui-ci lui rappelle une situation déjà existante, comment elle avait été résolue, etc. L'assemblage de tous ces éléments permet de construire le scénario. Il est également possible de diviser un scénario si le synopsis initial est trop large afin d'éviter que les scénarios soient trop longs, et donc trop riches en informations. Les scénarios sont relus afin d'être corrigés ou complétés. Ce processus itératif, intrinsèque au SBD, est également primordial dans le cadre de notre méthode. Il permet de disposer de scénarios consolidés et partagés par plusieurs acteurs. De plus, les relectures peuvent amener à envisager d'autres synopsis. Il est à noter que les scénarios ne retranscrivent pas une image fidèle et complète d'une situation mais sont, avant tout, évocateurs pour les participants à leurs élaborations.

Nous avons vu en I.B.2 que les *personas* sont partie intégrante des scénarios. Ils permettent aux lecteurs de s'identifier dans les scénarios et donc de se les approprier. Ainsi un personnage doit posséder une histoire propre. Même réduite, cette histoire donne une profondeur au *persona* c'est pourquoi il est utile de présenter quelques traits de sa personnalité, de son parcours et bien sûr de son métier dans l'entreprise. Nous avons insisté sur l'importance de baser les *personas* sur des données réelles cependant, l'hétérogénéité des données utilisées peut rendre difficile leur construction.

Nous constatons notamment qu'il règne un certain flou dans la notion de métier propre à une entreprise. Selon les secteurs d'activités ou la taille de l'entreprise, une même dénomination peut désigner plusieurs métiers. De plus, hormis peut-être certains grands groupes, il est rare

qu'une personne ou un service se limite à l'exercice d'un seul métier. Ainsi, dans une entreprise le terme *marketeur* peut désigner la personne ou le service avec des activités opérationnelles liées à la vente du produit. Mais ce même terme va être utilisé dans une autre pour désigner celle chargée d'établir les stratégies de création de produit. Afin de disposer d'un outil pour mieux comprendre les activités des acteurs, et donc construire les *personas*, nous introduisons le concept de *rôle*. Hakansson *et al.* définissent la fonction d'un *acteur* dans une entreprise comme « *contrôlant les ressources qui peuvent être humaines* » [Hakansson and Johanson 1992]. Les *acteurs* manipulent donc des ressources mais cette définition ne précise pas dans quel but. Nous ajoutons donc la notion de *rôle* comme : un ensemble d'activités associées à un *acteur*. Les *rôles* peuvent être cumulés et partagés⁷⁸ entre les acteurs (Figure 28). A titre d'exemple, nous définissons le rôle du *juridique* par, entre autre, « *réaliser la veille réglementaire* ».

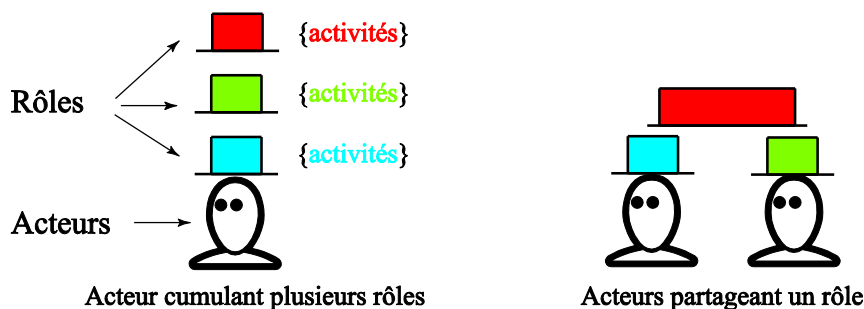


Figure 28. Notion de rôle

La notion de *rôle* nous offre un moyen pour comprendre les activités des acteurs et service de l'entreprise et ainsi définir les métiers des *personas*. Le *rôle* permet donc d'analyser les différentes données dont nous disposons. Cela permet aussi d'aider le *scénariste* lors de la conduite des entretiens en cherchant à préciser le *rôle* de la personne interrogée ce qui facilite ensuite la construction des *personas* et scénarios.

3. L'analyse des scénarios

Les scénarios, une fois construits, doivent être analysés afin de pouvoir en extraire une liste de défaillances qui altèrent les activités d'écoconception décrites. Cette étape se base sur le principe que les scénarios précédemment construits sont une nouvelle entité indépendante car consolidée auprès de différents acteurs. Et l'analyse de cette entité est découplée du procédé et des données qui ont permis de la construire. C'est pourquoi, il n'est pas nécessaire que les rôles de *scénariste* et d'*analyste* soit portés par la même personne⁷⁹. En consultant les deux éléments constitutifs du scénario, c'est-à-dire la partie *problème* et la partie *solution*, l'*analyste* identifie les problèmes auxquels sont confrontés les *personas*. Cette identification est rendu possible par la lecture de ces deux parties : il est possible d'explicitier un problème par l'analyse des difficultés rencontrées et des moyens qui ont permis de les dépasser. Pour l'assister dans cette étape, nous proposons une grille d'analyse, non exhaustive, selon les points suivants : les acteurs impliqués et les éléments du champ des connaissances mis en jeu.

⁷⁸ Un service dans une entreprise est un ensemble d'acteur qui partageant un rôle.

⁷⁹ Cependant, nous ne voyons pas de contradiction que les rôles soient portés par la même personne.

Nous proposons de synthétiser un scénario sous forme d'un schéma inspiré du formalisme SADT (voir Figure 29). Il permet de retracer le cheminement des acteurs impliqués, leurs actions et leurs échanges respectifs. Le cadre donné par ce formalisme est volontairement souple afin de permettre à l'analyste de l'utiliser pleinement selon ses besoins. A titre d'exemple, la Figure 30 présente un extrait de l'analyse d'un scénario construit dans notre étude. Nous pouvons remarquer que l'acteur « responsable environnement » a essayé de comprendre une nouvelle réglementation, que selon l'interprétation de celle-ci il a développé une proposition de plan d'action. Cette proposition a ensuite été présentée devant l'acteur « directeur entreprise ». La synthèse de cet extrait de scénario avec ce formalisme permet de mettre en évidence que la majorité des actions est portée par l'acteur « responsable environnement ».

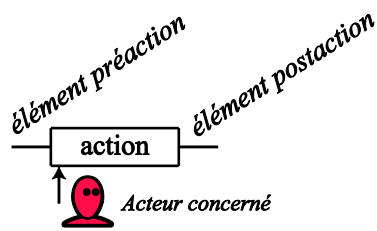


Figure 29. Légende du formalisme utilisé

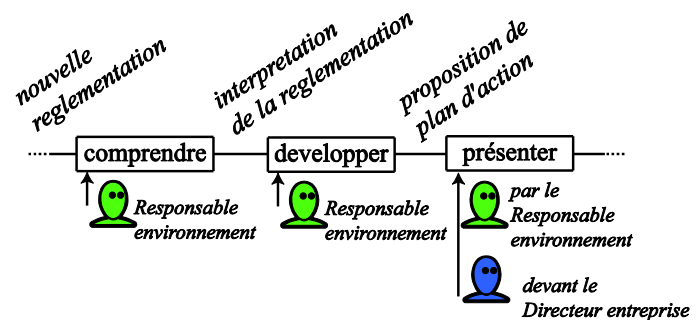


Figure 30. Extrait de l'analyse d'un scénario

Nous proposons à l'analyste de caractériser, dès lors que cela est possible, les éléments liés aux connaissances mis en jeu selon la typologie établie dans le chapitre 2. Un rappel des éléments du champ des connaissances est donné dans la Figure 31. L'utilisation de cette typologie doit permettre de différencier les éléments manipulés par les actions selon qu'il s'agisse d'informations, d'objets de connaissance, de connaissances ou encore de compétences. Elle est donc complémentaire à la réalisation des schémas précédemment décrits. Toujours à titre d'exemple, la Figure 30 permet de noter que « la nouvelle réglementation » et « la proposition de plan d'action » sont des informations car prenant la forme d'un texte écrit alors que « l'interprétation de la réglementation » est une connaissance que l'acteur a construit à partir de cette information.

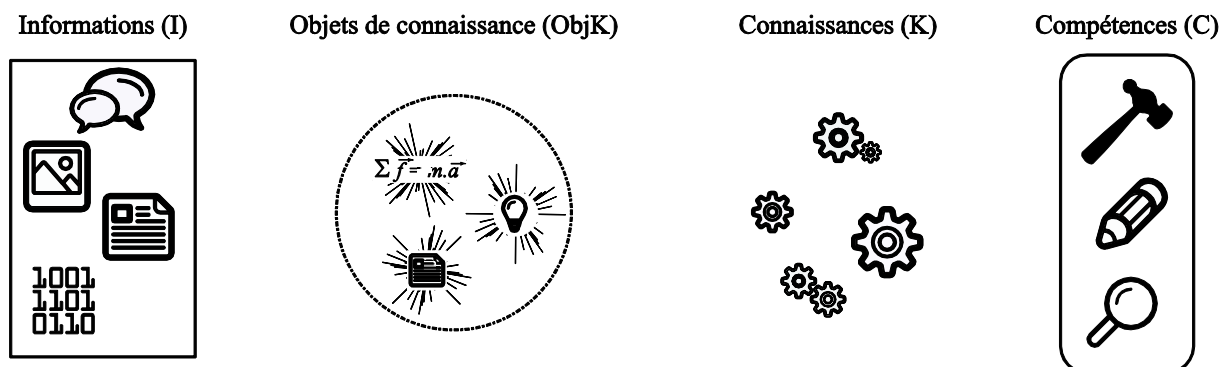


Figure 31. Rappel des éléments du champ des connaissances

La grille d'analyse que nous proposons permet de formaliser les cheminements des actions réalisées par les acteurs impliqués dans les scénarios tout en précisant le type d'éléments

manipulés. L'utilisation de cette grille aboutit à l'établissement des listes de défaillances de deux manières. La première donne un vocabulaire pour décrire de façon précise les difficultés rencontrées par les *personas* dans les scénarios. La seconde, aide l'*analyste* à identifier des problèmes qui n'étaient pas forcément évidents. Par exemple, la formalisation des cheminements d'actions permet de voir si certains acteurs n'en sont pas totalement absents. A titre d'illustration, il est aussi possible d'utiliser la caractérisation des éléments des connaissances manipulés pour se rendre compte si une action nécessitant des *connaissances* ne dispose que d'*informations* pour être menée.

Nous présentons dans la partie suivante une mise à l'épreuve en milieu industriel de la méthode K²stor.

II. Mise à l'épreuve en milieu industriel

Nous venons de présenter une proposition de méthode pour mettre en évidence des défaillances par la construction collaborative de scénarios intitulée K²stor. Il s'agit à présent de la mettre à l'épreuve en milieu industriel. L'entreprise Aubrilam nous a offert ce contexte industriel et les données indispensables pour la mise en usage de la méthode K²stor.

A. Préambules

1. Contexte industriel

Nous souhaitons mettre notre méthode K²stor à l'épreuve d'un cas industriel, c'est pourquoi nous nous sommes tournés vers l'entreprise Aubrilam⁸⁰. Etant donné qu'il s'agissait d'une volonté de notre part et non d'une demande spécifique de l'entreprise, nous n'avons pas eu la possibilité de mettre en place la méthode K²stor selon l'amplitude désirée. Le nombre de participants a été limité, néanmoins, il fut amplement suffisant pour permettre l'application de la méthode K²stor et disposer d'un retour d'expérience sur ses performances.

Nous avons utilisé majoritairement les données issues des entretiens avec trois personnes travaillant ou ayant travaillé pour Aubrilam : le responsable du service Qualité Sécurité et Environnement (QSE), un ingénieur du Bureau d'étude et un ancien membre du service QSE. Nous avons également réalisé un entretien avec une personne ayant travaillé pour un cabinet de conseil environnemental mais n'ayant pas collaboré avec Aubrilam.

2. Préparatifs de la méthode K²stor

Les rôles de *scénariste* et *d'analyste* ont été portés par moi-même. La première étape de la méthode K²stor a abouti à la construction de cinq *personas* intervenant dans trois scénarios. Les scénarios ont pour objectif de permettre aux participants de s'accorder sur une image des situations qu'ils vivent et de partager un diagnostic des problèmes qu'ils rencontrent. Dans cette mise à l'épreuve industrielle, il est naturel que les *personas* intervenant dans ces scénarios évoluent dans une entreprise semblable à Aubrilam. Nous avons préféré utiliser une entreprise fictive, plutôt que directement Aubrilam pour créer un détachement des participants entre leur réalité et cet exercice. L'entreprise imaginée, nommée *Supercolor*, est décrite dans le Tableau 11. Il est à noter que bien que cette description soit très proche de celle d'Aubrilam, l'utilisation

⁸⁰ Nous avons déjà présenté cette PME française fabricante de mobilier urbain en chapitre 3.

de cet artefact permet au *scénariste* de prendre des libertés avec la réalité ce qui sera particulièrement utile lors de la construction des scénarios.

L'entreprise Supercolor est une PME française. Elle est spécialisée dans la conception et la production de mobilier urbain. Elle est composée de 75 salariés répartis sur deux sites distants de 70 km. L'un est plutôt administratif tandis que l'autre est industriel.

Tableau 11. Description synthétique de l'entreprise Supercolor

L'analyse des données issues d'Aubrilaam, et surtout des différents entretiens, nous a amené à construire trois scénarios reflétant trois types d'actions environnementales. Dans ce qui suit, nous présenterons chacun de ces scénarios et leurs analyses. Les scénarios complets sont donnés en Annexe 1.

B. Scénario n°1 : Adaptation à une réglementation

1. Choix du scénario n°1

L'entretien avec l'ancien membre du service QSE d'Aubrilaam⁸¹ a permis de dresser un inventaire de ses activités passées. Nous avons notamment évoqué le cas où cette personne a été chargée de proposer un plan d'action pour se conformer à une réglementation. Cette activité s'est révélée problématique à mener car le champ d'application de cette réglementation n'était pas totalement explicite. Etant donné que les réglementations sont l'un des moteurs principaux à la mise en place de démarches d'écoconception, nous avons estimé qu'il s'agissait d'une activité pertinente à étudier. Ceci nous a donné un point de départ pour la construction du premier scénario et nous avons abouti au synopsis présenté dans le Tableau 12.

Scénario n°1 : Adaptation à une réglementation	
1	Une nouvelle réglementation environnementale doit rentrer en vigueur. Selon la taille des appareils, une déclaration environnementale doit être réalisée auprès d'un organisme. Elle doit comporter des informations dans un format imposé. Cependant, tous les produits ne sont pas concernés et cette réglementation touche à de nombreux domaines. Supercolor est potentiellement touchée car certains de ses produits comportent des systèmes électroniques. La responsable environnement doit rédiger un plan d'action afin que l'entreprise anticipe cette réglementation.

Tableau 12. Synopsis du scénario n°1

2. Construction du scénario n°1

Nous avons eu besoin pour la réalisation de ce scénario de construire trois *personas* : *Emma la responsable environnement*, *Laszlo le directeur de l'entreprise* et *Calys un ancien professeur d'Emma*. Les descriptions complètes sont données dans le Tableau 13. *Emma* est majoritairement inspirée du participant A. *Laszlo* n'est pas inspiré directement d'une seule personne mais regroupe les différents aspects des personnes ayant chez Aubrilaam un rôle de direction. Par exemple, *la volonté de communiquer sur les aspects environnementaux* provient des membres du service marketing qui participent aux comités de direction d'Aubrilaam tandis que *les réticences à modifier le fonctionnement de l'entreprise* sont issues de la direction de l'usine. Il est à noter que l'intégralité des informations que nous venons d'évoquer a été recueillie lors des nombreux entretiens avec les acteurs d'Aubrilaam.

⁸¹ Que nous désignerons dans la suite par le participant A.




<p align="center">Emma Tournesol, Responsable Environnement chez l'entreprise Supercolor</p> <p><i>Elle a été recrutée après un stage au sein de Supercolor pour intégrer le service Qualité, Sécurité et Environnement. Elle est en charge de tout ce qui concerne l'environnement de l'entreprise. Notamment, elle réalise des ACV sur les produits de la gamme. Sa formation comporte une part environnementale mais son expérience pratique dans ce domaine est encore limitée.</i></p>	
<p align="center">Laszlo Carreidas, Directeur de Supercolor</p> <p><i>Il dirige Supercolor depuis 10 ans. Il estime que la prise en compte de l'environnement peut être un moyen différenciation concurrentielle pour l'entreprise. Il souhaite, par exemple, communiquer sur l'impact environnemental de ses produits. Cependant, il ne désire pas investir énormément ni trop modifier le fonctionnement de son entreprise</i></p>	
<p align="center">Calys Hippolyte, Professeur</p> <p><i>Il est professeur en école d'ingénieur où il intervient dans des enseignements de sciences environnementales, notamment au sujet des aspects réglementaires. Cette expertise l'a amené à collaborer au sein d'organismes de normalisation. Emma a été une de ses élèves.</i></p>	

Tableau 13. *Personas* intervenants dans le scénario n°1

L'entretien semi-structuré avec le participant A a été la source principale pour la construction du scénario problème. Les activités réalisées et les problèmes rencontrés par cette personne ont été transposés selon le contexte de *Supercolor* et d'*Emma*. Des exemples de telles transpositions sont donnés dans le Tableau 14.

Extraits de l'entretien	Extraits du scénario problème n°1
« j'ai récupéré le texte lié à la réglementation mais je n'arrivais pas à comprendre son domaine d'application.. »	[...] Emma se procure cette réglementation et en entame la lecture. Le texte étant très peu accessible pour elle [...]
« ... j'ai envoyé un mail à un ancien de mes professeurs, il nous avait fait un cours sur les normes et je me souvenais qu'il avait déjà travaillé pour ce genre d'organisme... »	[...] Pour l'aider, elle contacte Calys Hippolyte, un ancien de ses professeurs. Ses activités dans différents organismes de normalisation lui permettent de répondre à une partie de ses questions. [...]
« ...mais le pire dans tout ça, c'est que moi j'ai eu beaucoup de difficultés pour réaliser tout ça mais j'ai finalement réussi. Par contre, depuis mon départ d'Aubrillam je ne sais pas comment ils vont faire... »	[...]Malheureusement, peu de temps après, Emma quitte Supercolor. Le service environnement est réorganisé et le nouveau responsable doit à présent comprendre et mettre en place la procédure développée par Emma. [...]

Tableau 14. Exemple des liens entre l'entretien et des extraits du scénario problème n°1

Pour construire le scénario utilisation, dont un extrait est donné dans le Tableau 15, nous nous sommes servis une fois de plus de l'entretien réalisé avec le participant A. Grâce à des questions comme « *Selon vous, comment aurait-on pu surmonter ce type de problème ou simplement gagner du temps ?* », nous avons permis à la personne interrogée d'imaginer des éléments de cette partie du scénario. Par un procédé similaire à celui présenté dans le paragraphe précédent, nous avons transposé ces éléments dans le cadre de *Supercolor*. Nous avons aussi proposé des pistes de solutions lors de la rédaction du scénario. Pour ce faire, nous avons imaginé qu'*Emma*, dans le scénario d'utilisation, dispose d'un outil idéal pour l'aider au quotidien dans toutes ses actions. Le flou est laissé quant aux contours précis de cet outil, l'accent étant donné aux fonctionnalités qu'il doit remplir. Les pistes imaginées par le scénariste ont été validées par un feedback auprès du participant A. Ce feedback a mis en avant que certains choix de vocabulaire effectués lors de la rédaction du scénario n'étaient pas les plus adaptés à la compréhension par les acteurs d'Aubrillam. Nous utilisons le terme de *plateforme* pour parler de l'outil « idéal » or selon cette personne il n'est pas forcément compréhensible par d'autres acteurs, c'est pourquoi nous l'avons changé pour celui de « logiciel ».

Emma dispose d'un navigateur informatique qui regroupe différents onglets avec, entre autres, son client de messagerie, son agenda, son réseau social et un fil d'actualité dédié à l'écoconception. Elle a renseigné ses centres d'intérêts pour recevoir des alertes précises. Elle a justement une alerte provenant du syndicat concernant l'apparition d'une nouvelle réglementation. Elle clique sur la news et obtient le texte d'origine mais elle peut également consulter le forum thématique qui y est lié. Sur ce forum, des acteurs, d'autres entreprises, discutent de cette réglementation [...]

Elle entame la lecture mais a quelques difficultés à la comprendre. Elle dispose d'un outil pour annoter le texte en faisant apparaître les éléments difficiles. Malgré tout, elle cherche à obtenir de l'aide. Elle identifie facilement dans son réseau social que Calys Hippolyte, un de ses anciens professeurs, a des compétences dans le domaine. Elle lui envoie un e-mail avec ses questions. Il est automatiquement archivé, dans un outil informatique interne à Supercolor dans le « sujet » lié à cette réglementation. [...]

Tableau 15. Extrait du scénario solution n°1

3. Analyse du scénario n°1

La rédaction de ce scénario a permis de se rendre compte de l'importance des relations entre les différents acteurs. Nous avons synthétisé le scénario problème sous forme d'un schéma présenté dans la Figure 32. Ce schéma permet de retracer le cheminement des acteurs impliqués dans la démarche de faire adopter une nouvelle réglementation dans l'entreprise.

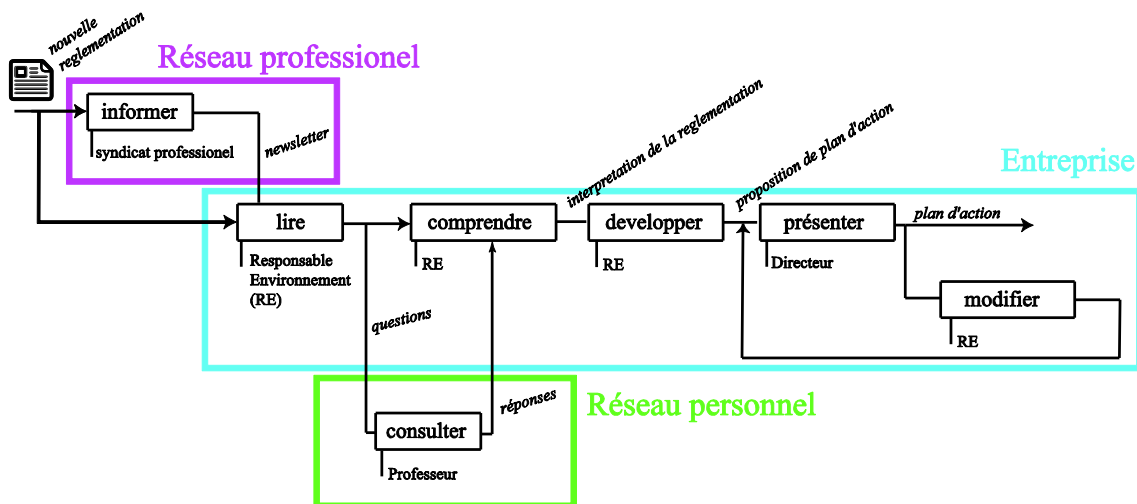


Figure 32. Synthèse du scénario problème n°1

Nous constatons que la plupart des actions sont portées par la seule responsable environnement. La construction de ce scénario a mis en évidence le besoin de disposer de flux d'informations performant afin d'éviter, par exemple, qu'*Emma* découvre des choses par hasard. Nous nous sommes aussi rendu compte que certaines de ses tâches ont nécessité des acteurs hors de l'entreprise. Si le recours au réseau professionnel est une pratique courante, nous sommes étonnés que le réseau personnel ait aussi été impliqué. C'est le cas de la discussion d'*Emma* avec son ancien professeur. Il est ainsi pertinent de rendre facilement identifiables les personnes pouvant être utiles aux acteurs. Cependant ces échanges hors de la sphère de l'entreprise, sont souvent informels et reposent sur des mécanismes de socialisation c'est-à-dire qu'il est difficile de les retranscrire simplement sous forme d'*information*. Le scénario *problème* a ainsi permis d'identifier que les flux d'information peuvent dépasser le cadre de l'entreprise. Le scénario *utilisation* a lui permis de mettre en avant le besoin de capitaliser ces échanges tout en montrant les contraintes auquel cela est soumis.

C. Scénario n°2 : Consultation d'un expert

1. Choix du scénario n°2

Le second scénario concerne la consultation d'un expert externe à l'entreprise. La collaboration avec des cabinets de conseil a été mise en avant comme une activité courante dans les entreprises souhaitant entamer des démarches d'écoconception⁸². Il se trouve qu'Aubrilam a eu également recours au service d'un consultant pour l'accompagner dans l'intégration de l'environnement en conception. Nous avons donc choisi de construire le scénario n°2 autour de ce thème, mais les prestations réalisées par ce type d'organisme étant variées, nous l'avons divisé en plusieurs épisodes. Les synopsis associés aux trois épisodes du scénario n°2 sont donnés dans le Tableau 16 et le scénario complet est disponible en Annexe 1.

Consultation d'un expert	
Lorsque des compétences sont manquantes au sein d'une entreprise, elle peut être amenée à faire appel à un consultant extérieur. Les cabinets de conseil fournissent des prestations variées.	
Scénario n°2-1 : Proposition de piste d'écoconception	
2-1	L'entreprise Supercolor n'est pas très active en matière d'écoconception. Cependant, elle souhaite savoir ce qu'elle peut faire dans ce domaine. Elle fait appel à un consultant pour lui donner des pistes de re-conception de ses produits
Scénario n°2-2 : Construction d'une formation	
2-2	La réussite de la précédente expérience a motivé l'entreprise Supercolor à former ses acteurs à l'écoconception. Elle entame une collaboration avec un consultant pour construire cette formation.
Scénarios 2-3 : Adaptation d'un logiciel	
2-3	Supercolor a énormément progressé dans le domaine de l'écoconception. Les ingénieurs réalisent de nombreuses ACV à différents moments de la conception afin d'évaluer l'impact des produits conçus. Cependant leur logiciel est très générique, et ils doivent par exemple remodeliser systématiquement des composants standards. Ils font appel au consultant pour qu'il adapte leur logiciel d'ACV à Supercolor.

Tableau 16. Synopsis du scénario n°2

2. Construction du scénario n°2

Le cabinet de conseil qui a collaboré avec l'entreprise Aubrilam, a été chargé de réaliser une ACV, puis de paramétrer un module du logiciel d'ACV utilisé par Aubrilam. Ceci nous a amené à construire les épisodes n°2-1 et n°2-3. Nous nous sommes appuyés sur les entretiens avec différents acteurs d'Aubrilam, mais nous souhaitons compléter ces informations par le point de vue d'un consultant. Il n'a pas été possible de s'entretenir avec le consultant qui a effectivement travaillé avec Aubrilam. Cependant, nous avons effectué un entretien avec une personne⁸³ ayant travaillé dans le même cabinet. Ceci nous a permis de comprendre plus en détail le type d'activités réalisées chez Aubrilam, mais aussi les autres services fournis par ce type d'organisme. Nous avons pu créer un nouveau *persona* pour alimenter ce scénario, *M Baxter*, dont une description est donnée dans le Tableau 17.

⁸² Voir chapitre 1

⁸³ Que nous désignons dans la suite par le participant B.

Mr Baxter, Consultant

Il possède une formation initiale d'ingénieur en mécanique. Cependant, il travaille depuis de très nombreuses années dans le domaine du conseil environnemental. Il intervient dans les entreprises pour réaliser des formations sur l'écoconception ou des analyses de cycles de vie. Globalement, il assiste les acteurs dans la mise en place de ces démarches.



Tableau 17. *Persona* supplémentaire intervenant dans le scénario n°2

L'entretien a aussi fait émerger le synopsis du scénario n°2-2, « *Construction d'une formation* ». Il s'agit d'une activité proposée par les cabinets de conseil. La responsable du service QSE d'Aubrilam nous avait indiqué, lors d'une rencontre, son souhait d'y faire appel à moyen terme. Nous avons recueilli des feedback auprès des participants A et B pour améliorer ces trois épisodes.

3. Analyse du scénario n°2

Les trois épisodes construits pour illustrer la consultation d'un expert extérieur, ou consultant, nous ont permis d'identifier des défaillances communes. Il existe un déficit dans le partage d'informations à propos des activités réalisées au sein de l'entreprise. C'est le cas lorsqu'*Emma* se rend compte qu'elle analyse un produit qui va disparaître du catalogue de l'entreprise. Les services sont cloisonnés et communiquent peu sur leurs activités. Ceci est regrettable dans la mesure où certains projets vont dépasser les frontières de ces services pour impliquer d'autres acteurs. Nous notons aussi que des propositions « *toutes faites* », c'est-à-dire qui ne s'appuient pas sur la situation de l'entreprise, s'avèrent peu efficaces. Elles peuvent être pertinentes mais difficilement appréhendable par les acteurs. Ceci s'illustre dans les propositions de *Mr Baxter* faite à Supercolor qui n'utilisent pas le vocabulaire de l'entreprise rendant leur compréhension complexe. Le manque d'ancrage sur la situation réelle entraîne aussi des propositions non efficaces comme lorsque *Mr Baxter* envisage de faire changer certains fournisseurs « privilégiés » de Supercolor. Afin de dépasser ces défaillances, le scénario *utilisation* dresse les contours de fonctionnalité pour faciliter les échanges et la collaboration entre les acteurs internes et externes. Enfin dans ces scénarios, nous avons observé des manques, et donc un besoin, de solutions pour réussir à réutiliser ou comprendre des constructions auxquels un acteur n'a pas participé.

D. Scénario n°3 : Réalisation d'une Analyse de Cycle de Vie

1. Choix du scénario n°3

Le troisième scénario est dédié à l'une des principales difficultés rencontrée chez Aubrilam : la réalisation d'Analyse de Cycle de Vie. Mais devant la multitude d'activités relatives aux ACV nous avons considéré plusieurs épisodes pour ce scénario. Actuellement, Aubrilam effectue des ACV sur quelques produits déjà conçus, voire commercialisés pour compléter les Profils Environnementaux Produits (PEP) utilisés dans diverses communications. Ceci nous a permis de construire le synopsis du scénario 3-1. Ensuite, nous avons noté le souhait d'Aubrilam de multiplier la réalisation d'ACV dans un futur proche. Nous avons utilisé cet élément comme point de départ au synopsis du scénario n°3-2. Les synopsis des deux épisodes du scénario n°3 sont donnés dans le Tableau 18.

Réaliser une Analyse de Cycle de Vie	
3-1	Scénario 3-1 : Réalisation d'une première ACV Supercolor décide de réaliser pour la première fois une ACV d'un de leurs produits déjà commercialisé. La direction souhaite communiquer les résultats sur son site internet. Cette analyse est confiée à la responsable environnement.
3-2	Scénario 3-2 : Application d'une procédure d'ACV Supercolor a mis en place une procédure pour la réalisation d'ACV. Il est demandé d'effectuer ces analyses avant la mise en production pour chaque nouveau produit conçu. C'est le service « Environnement » qui a construit et diffusé cette procédure. Son objectif est de disposer de données pour l'affichage sur le site internet, mais aussi pour améliorer l'écoconception des futurs produits. Elise, ingénieur en charge d'une nouvelle gamme, doit réaliser cette analyse.

Tableau 18. Synopsis du scénario n°3

2. Construction du scénario n°3

Le participant A a été chargé de réaliser une des premières ACV pour Aubrilam. L'entretien que nous avons mené avec lui a permis de construire le scénario n°3-1. Lorsque nous évoquons les principales difficultés qu'il avait rencontrées pendant cette activité, il a largement évoqué les problématiques de collecte de données mais aussi son inquiétude face à la compréhension de ses choix par d'autres personnes. Ces éléments expliquent la tournure du scénario dont un extrait du scénario n°3-1 est donné dans le Tableau 19.

Extrait du scénario problème n°3-1	
[...] Supercolor est obligée de faire réaliser une nouvelle ACV sur un nouveau logiciel. Ceci est confié à une autre personne du service environnement de l'entreprise. Cependant, cette dernière n'a pas accès aux échanges qu'Emma a eu avec les services et les fournisseurs. Elle doit donc récolter une fois de plus ces informations ou du moins les consolider en demandant les méthodes de calculs utilisées etc... De plus, elle ne comprend pas tous les choix effectués par Emma dans la précédente étude. Si bien qu'elle se retrouve à réaliser l'étude de 0. [...]	
Extrait du scénario utilisation n°3-1	
[...] Etant donné qu'Emma réalise pour la première fois une analyse environnementale chez Supercolor, elle ne souhaite pas investir trop de moyens. Cependant, il lui paraît important de capitaliser le plus possible sur ses activités afin qu'elle puisse s'en resservir un jour. Cet objectif est rendu possible par une fonctionnalité de l'outil informatique qu'elle utilise. Elle peut très facilement et rapidement indiquer les problèmes auxquels elle a été confrontée ou les choix qu'elle a réalisés. Elle peut aussi, par exemple, expliquer les raisons qui l'ont amenée à effectuer une hypothèse. [...]	

Tableau 19. Extrait du scénario n°3-1

Pour généraliser les ACV, Aubrilam souhaite confier leur réalisation aux ingénieurs du Bureau d'Etude (BE). Et afin de faciliter cette activité, actuellement réservée au service QSE, il est envisagé de la formaliser sous forme de procédure. Nous avons construit ce scénario à partir des entretiens déjà évoqués précédemment, mais aussi à partir de celui d'un ingénieur du BE d'Aubrilam. Ce même ingénieur a permis la construction d'un *persona* supplémentaire, *Elise l'ingénieur*, présenté dans le Tableau 20.


Elise, Ingénieur	
<i>Elle travaille à Supercolor au sein du bureau d'étude. Elle est chargée du développement technique des produits. C'est-à-dire qu'à partir du cahier des charges marketing, elle réalise la conception sur ordinateur et une fois qu'elle a effectué la mise en plan, elle transmet les nomenclatures et les dessins techniques à l'usine. Elle a suivi une courte formation à l'écoconception en utilisant notamment un logiciel d'ACV simplifiée.</i>	

Tableau 20. *Personas* supplémentaires intervenant dans le scénario n°3

Notons que ce scénario va permettre un diagnostic prédictif, c'est-à-dire d'une situation potentiellement à venir. Nous cherchons les défaillances possibles à ce type d'activité chez Aubrilam.

3. Analyse du scénario n°3

Nous retrouvons une fois de plus une problématique liée à l'organisation des échanges. La multitude de courriels reçus et envoyés rend difficile la recherche d'information. Nous voyons aussi que le besoin de construire des contenus de façon collaborative est une solution qui semble utile. Nous observons que certaines défaillances ne peuvent être comblées uniquement par une formation ou la lecture d'un document. Ainsi, comment résoudre le manque d'implication des services dans la réalisation d'ACV, alors qu'ils sont concernés, n'est pas évoqué par le scénario utilisation. En effet, les fonctionnalités relatives à de la manipulation d'informations comme des données techniques sont facilement imaginables, mais traiter les connaissances nécessaires à leur interprétation l'est beaucoup moins. Ce scénario permet aussi de délimiter les besoins des acteurs plus que d'envisager des solutions très concrètes. Nous notons, par exemple, qu'une solution pour expliquer les choix effectués ou les hypothèses formulées dans le cadre d'une ACV peut s'avérer extrêmement utile.

E. Vers une légitimation pratique de la méthode K²stor

Nous avons utilisé l'entreprise Aubrilam pour mettre à l'épreuve notre méthode K²stor. Cela s'est traduit par la construction et l'analyse de trois scénarios. A présent, il est nécessaire d'observer ces résultats pour statuer sur la légitimité pratique de notre proposition.

La première constatation est que la mise en pratique de la méthode K²stor a été possible sans déploiement de moyens humains ou matériels conséquents. L'élaboration des trois scénarios a nécessité de mener une dizaine d'entretiens⁸⁴ puis de réaliser presque autant de feedback auprès des participants. L'opérationnalité pratique de la méthode K²stor est donc vérifiée.

Ensuite, l'analyse des scénarios met en évidence des défaillances que nous aurions pu prévoir par d'autres démarches. A titre d'exemple, la littérature traitant des difficultés liées à la gestion des flux d'information en ACV est riche et partagée par la communauté académique mais également industrielle. Néanmoins, la méthode K²stor a permis de faire émerger ces problèmes à partir du contexte particulier d'Aubrilam en s'appuyant, notamment, sur les données récoltées auprès des acteurs. En plus d'une réelle mise en contexte des problèmes, la méthode K²stor permet donc de construire de façon collaborative ce constat : il devient alors partagé par un plus grand nombre de personnes. D'autre part, l'analyse des scénarios a également abouti à la formalisation de problèmes qui bien que courants sont mal explicités. Dans le scénario n°3 relatif à la réalisation d'une ACV, nous avons mis en évidence un problème lié à la compréhension des hypothèses effectuées lors de la réalisation de ces analyses. Ceci est rendu possible par la construction du scénario utilisation qui met en évidence le besoin d'une fonctionnalité d'explication et de capitalisation de choix. Cette fonctionnalité ne peut être détaillée par la méthode K²stor, mais nous obtenons des pistes pour des travaux futurs.

Enfin, d'une façon plus générale, la méthode K²stor amène à s'interroger sur la nature précise des problèmes rencontrés par les acteurs. A titre d'exemple, notons que si une difficulté, liée au champ des connaissances, rencontrée par les *personas*, ne peut être surmontée par des solutions

⁸⁴ La durée des entretiens a varié entre 20 minutes et 1h30.

usuelles (une formation, la lecture d'un document support, etc.), c'est qu'il s'agit peut-être d'éléments liés aux connaissances locales, qui vont nécessiter un traitement particulier pour être construits. La méthode K²stor permet bien d'identifier et d'explicitier les problèmes rencontrés par les acteurs.

III. Conclusion

A. Une méthode légitime

Nous cherchons à améliorer les démarches d'écoconception par la construction de connaissances locales. Nous considérons qu'un préalable nécessaire à l'atteinte de cet objectif est d'être capable de mettre en évidence les défaillances qui sont liées à un manque de connaissances en rapport avec l'écoconception. Ce levier peut s'interpréter comme une volonté de diagnostiquer les problèmes rencontrés par les acteurs de l'écoconception afin d'être en mesure, par la suite, de les résoudre.

La diversité des contextes industriels nous a poussé à proposer une méthode de diagnostic. Il s'agit de développer un moyen de traiter des données réelles particulières afin d'en extraire un ensemble de défaillances liées aux manques de connaissances. Inspiré par le « *Scenario-Based Design* » nous avons conçu une méthode, la méthode K²stor pour répondre à ce besoin.

Cette méthode K²stor a été mise à l'épreuve sur un cas industriel réel, l'entreprise Aubrilam. A partir de la collecte de données, principalement des entretiens, nous avons été capables de construire trois scénarios. Leur analyse a permis d'explicitier des difficultés rencontrées par les acteurs de cette entreprise.

L'activation pratique réalisée dans cette étude offre une première légitimation de notre proposition. La communication scientifique sur la construction de notre proposition a commencé par une publication lors d'une conférence internationale [Baouch et al. 2014].

B. Perspectives

La proposition de la méthode K²stor offre des perspectives de travail nombreuses et intéressantes, et selon au moins trois niveaux : sa pertinence pratique et scientifique, sa nature et les hypothèses sur lesquelles elle se base.

Tout d'abord, la pertinence pratique de la méthode K²stor doit être étoffée par une activation dans un contexte industriel plus étendu. La méthode K²stor a été éprouvée dans le contexte particulier d'Aubrilam. Il serait pertinent de tester la validité de notre proposition dans une autre entreprise demandeuse d'un tel diagnostic. Leur perception de l'actionnabilité de la méthode K²stor permettrait de consolider notre apport. Nous devons aussi soumettre cette proposition à l'épreuve d'entreprises de secteurs et tailles différentes. La méthode K²stor dans cette étude, a également été appliquée par une seule et même personne endossant le double rôle de *scénariste* et *d'analyste*. Il serait donc utile de modifier cet élément du contexte d'activation selon deux aspects. D'une part, réaliser la méthode K²stor par deux personnes différentes l'une portant le rôle de *scénariste* et l'autre *d'analyste*. D'autre part, il faudrait comparer les constructions effectuées par deux *scénaristes* différents à partir des mêmes données et les analyses effectuées par deux *analystes* différents afin de vérifier la reproductivité des résultats de la méthode K²stor. La communication auprès d'autres industriels doit également permettre de statuer quant à sa légitimité pragmatique. La diffusion, pour une éventuelle reconnaissance,

auprès de la communauté scientifique doit apporter des éléments pour envisager de la considérer comme un savoir nouveau.

Ensuite, la méthode K²stor en elle-même peut être complétée par une étude de la grille d'analyse présentée. Notre proposition comporte deux éléments, le cheminement des acteurs et la nature des éléments manipulés. La grille pourrait être enrichie et associée à un procédé plus systématique pour faciliter l'analyse des scénarios.

Enfin, les hypothèses sur lesquelles s'est appuyée cette proposition peuvent être questionnées. D'une part, nous avons souhaité nous appuyer sur les cas particuliers pour mettre en évidence des défaillances. Mais la multiplication des cas traités par la méthode K²stor pourrait permettre de dégager des conclusions génériques. Pour le vérifier, il serait nécessaire de développer des outils d'analyse, et particulièrement de description, des contextes industriels pour identifier des paramètres communs ou discriminants afin de les lier aux défaillances identifiées. D'autre part, nous sommes convaincus que la construction collaborative d'artefacts, comme les scénarios utilisés par la méthode K²stor, renforce l'adhésion des acteurs impliqués dans les conclusions que nous en tirons. Mais existe-il des études plus précises sur ces mécanismes d'adhésion ? Leurs conclusions pourraient permettre d'améliorer cet aspect de la la méthode K²stor.

Chapitre 5 : La construction de connaissances locales par la mise en interaction d'acteurs, l'approche K²afé

Résumé : Ce chapitre propose une approche, intitulée K²afé pour la mise en interaction des acteurs d'une entreprise dans le but de construire des connaissances locales. L'approche K²afé permet de créer une situation d'interaction en générant des questionnements chez ses participants. Il s'agit d'une approche générique déclinable aux connaissances locales que l'on souhaite créer. Nous avons notamment traité le problème d'implication des acteurs lors de l'Analyse de Cycle de Vie. Une situation pilote en milieu académique a été réalisée pour évaluer l'efficacité de l'approche K²afé.

I. Construire des connaissances par la mise en interaction des acteurs : l'approche K²afé	100
A. Analyse du besoin de construction de connaissances par une mise en interaction d'acteurs	100
1. Les interactions sociales pour construire des connaissances	100
2. Cibler les connaissances à construire.....	100
3. Besoin d'une approche générique.....	102
B. Proposition de l'approche K ² afé pour la construction de connaissances cibles.....	103
1. Objectif et principe de l'approche K ² afé	103
2. Des étapes à suivre et des rôles à endosser	103
3. Composition d'une situation d'interaction	105
C. Déclinaison de l'approche K ² afé face au problème d'implication des acteurs en ACV	106
1. Présentation de la déclinaison.....	106
2. Format de document support pour traiter le problème d'implication des acteurs en ACV.....	107
II. Une situation pilote pour évaluer l'efficacité de l'approche K²afé.....	108
A. Description de la situation pilote	108
1. Principe de la situation pilote	108
2. Présentation de la situation pilote	110
3. Evaluation de la situation pilote	111
B. Résultats de la situation pilote	112
1. Traitement des données	112
2. Critères C1, C2 et C3.....	113
3. Critères C4 et C5	114
4. Critère C6	115
C. Analyse de la situation pilote.....	117
1. Quelques limites	117
2. Analyse du déroulement de la situation pilote	117
3. Une construction de connaissances rendue possible par l'approche K ² afé.....	118
III. Conclusions	119
A. Une approche efficiente.....	119
B. Des perspectives possibles à l'approche K ² afé	119

I. Construire des connaissances par la mise en interaction des acteurs : l'approche K²afé

A. Analyse du besoin de construction de connaissances par une mise en interaction d'acteurs

1. Les interactions sociales pour construire des connaissances

Dans le chapitre précédent⁸⁵, nous avons proposé une méthode de diagnostic qui permet de mettre en évidence les défaillances, rencontrées par les acteurs, des démarches d'écoconception. Cette méthode a été mise à l'épreuve au travers du cas industriel d'Aubrillam, et a permis d'identifier des défaillances liées à un manque de connaissances locales. Ce besoin de connaissances contextualisées avait également été identifié lors du chapitre 2 consacré à l'étude bibliographique, où nous avons montré que les connaissances locales jouent un rôle important au sein des démarches d'écoconception. Ainsi, la construction de connaissances locales se révèle être un levier intéressant pour l'amélioration des démarches d'écoconception.

Le chapitre 2 a également permis de constater que peu d'initiatives existaient pour permettre la construction de ce type de connaissances. Trop souvent, les démarches usuelles reposent sur le postulat d'une connaissance déjà existante. C'est pourquoi nous avons étudié de façon plus générale les mécanismes de transformation des connaissances. Ceci nous a conduits à une incursion dans des champs disciplinaires tels que celui des sciences de l'éducation. Nous avons ainsi retenu que l'organisation des interactions sociales dans une situation particulière, et selon un questionnement donné, peut permettre d'atteindre cet objectif de construction de connaissances (chapitre 2).

Disposer d'une approche visant la construction des connaissances locales est une nécessité justifiée à la fois par le contexte industriel et académique. Néanmoins nous nous heurtons à deux interrogations majeures :

- Comment entrainer la construction d'une connaissance donnée et surtout comment la vérifier alors que, par définition, il s'agit d'un concept immatériel ?
- Comment proposer une approche générique, c'est-à-dire adaptable à n'importe quel cas, sachant que les connaissances locales sont fortement liées au contexte particulier ?

Nous traiterons de ces interrogations dans les parties I.A.2 et I.A.3.

2. Cibler les connaissances à construire

Si nous ne devons retenir qu'un point relatif aux connaissances ce serait qu'elles sont, par définition, individuelles et immatérielles (chapitre 2). Nous reprenons la thèse de Wilson qui considère les connaissances comme des processus mentaux propres à chacun [Wilson 2002]. La difficulté étant de réussir à construire des connaissances, sans être capable de vérifier si cette construction a été effective. Nous nous tournons vers Bachelard qui mettait en avant la notion « *d'obstacle* », et le questionnement⁸⁶ qui en découle, comme inhérents à « *la connaissance scientifique* » [Bachelard 1938]. Lorsqu'un individu se retrouve face à un obstacle, c'est-à-dire

⁸⁵ Voir chapitre 4

⁸⁶ « *Toute connaissance est une réponse à une question* » p16 (Bachelard 1938)

un élément qui le pousse à quitter sa routine de raisonnement, il se questionne sur le moyen de le dépasser. La réponse qu'il apporte à cet obstacle est la construction d'une connaissance (Figure 33). Notons que cette construction est par définition collective.

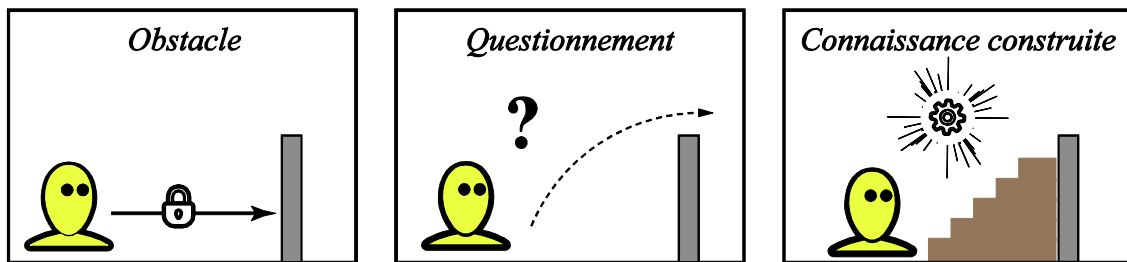


Figure 33. Illustration de la construction d'une connaissance suite à un questionnement

Ainsi, le choix de cet obstacle, ou de ce questionnement, va permettre d'orienter la construction de connaissances. Nous allons introduire le concept de *connaissance cible* pour différencier *ce que l'on souhaite construire* de *ce que l'on a réellement construit* (Figure 34). En utilisant une image, nous pouvons considérer que construire des connaissances revient à ériger un bâtiment, certes immatériel, mais selon un plan donné qui est la connaissance cible.

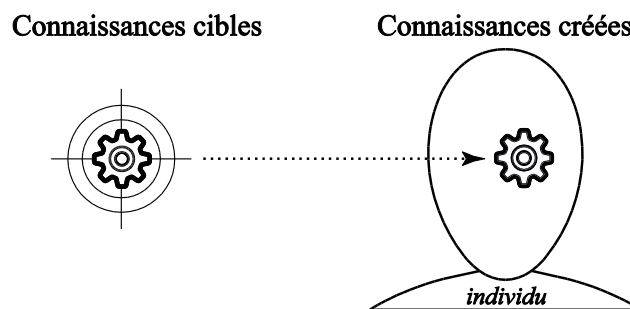


Figure 34. Principe des connaissances cibles

Les connaissances sont immatérielles, mais néanmoins caractérisables (chapitre 2). La taxonomie SOLO (Tableau 2) permet en effet de différencier les connaissances selon cinq niveaux de complexité [Biggs and Collis 1982]. Nous pouvons illustrer cette taxonomie en utilisant deux types de connaissances impliquées en Analyse de Cycle de Vie (ACV) :

- Les connaissances liées aux indicateurs environnementaux. Elles interviennent en ACV et, par ailleurs, posent des problèmes à ses praticiens. Nous constatons que la connaissance à laquelle se rapporte un indicateur va être d'un niveau maximum de 3 selon la taxonomie SOLO. En effet, les compétences associées seraient d'être capables de *connaître*, *nommer* voir de *décrire* cet indicateur. *Analyser* ou *créer* un indicateur ne relève pas exactement du point de vue d'un praticien de l'ACV au sein d'une démarche d'écoconception en entreprise.
- Les difficultés d'implication des acteurs participant à une ACV sont le reflet d'un manque de connaissances liées à ses principes. Les acteurs n'ont pas conscience que leurs activités peuvent avoir une influence sur l'impact environnemental final d'un produit. Ils doivent être capables de lier différents concepts entre eux : les indicateurs, les phases de vie, les éléments du produit, etc. Ces connaissances sont donc d'un niveau 4 selon la taxonomie SOLO.




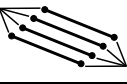
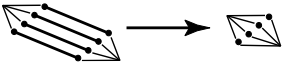
	Niveau 1-Pré-structurel L'objet de connaissance est composé d'éléments inorganisés et peu structurés. Compétence associée : <i>Connaitre</i>
	Niveau 2-Uni-structurel Les éléments sont reliés par des liens simples. Compétences associées : <i>Identifier, Nommer, Suivre</i>
	Niveau 3-Multi-structurel Les liens sont plus nombreux mais restent indépendants. Ce niveau peut être résumé par cette maxime : « voir les arbres mais pas la forêt ». Compétences associées : <i>Combiner, décrire, lister</i>
	Niveau 4-Relationnel Les éléments et leurs liens forment un ensemble, une structure. Compétences associées : <i>Analyser, Appliquer, Comparer, Justifier</i>
	Niveau 5-Abstrait étendu La structure est généralisable à de nouveaux domaines. Compétences associées : <i>Créer, Théoriser, Généraliser</i>

Tableau 21. Rappel de la taxonomie SOLO adaptée de [Biggs and Collis 1982]

Cette clarification de la notion de connaissance et de sa construction nous conduit à formuler deux conclusions. La première est qu'il n'est peut-être pas nécessaire d'employer des moyens conséquents pour traiter des connaissances de niveaux faibles. En effet, la construction des connaissances relatives à la *description* d'un indicateur environnemental peut être traitée par la lecture d'un ouvrage. La mise en place d'un dispositif spécifique d'organisation d'interactions sociales est donc sûrement un moyen surdimensionné.

La seconde conclusion est que les connaissances de complexité élevée dépendent de l'organisation de concepts selon des liens. Le questionnement des liens existants entre ces concepts donne une idée de l'obstacle à créer pour construire ces connaissances.

3. Besoin d'une approche générique

Nous avons identifié des initiatives existantes permettant de construire des connaissances en agissant sur les interactions sociales. Parmi elles, nous retenons un cas de partage de savoir-technique [Stenzel and Pourroy 2007]. Cette étude traite de la conception d'une chaîne de transmission automobile. Les auteurs font partager les connaissances de différents acteurs à propos de ce produit complexe. Ils les font discuter et partager leurs opinions sur le comportement de la transmission. Pour cela, il a été demandé aux personnes interrogées de caractériser l'influence d'éléments du produit (chaîne, pignon, tendeur...) sur ses spécifications techniques (durée de vie, consommation d'huile, bruit en fonctionnement...). Un document support prenant la forme d'un tableau a été utilisé pour cette étape. Celui-ci permet de « capter » les points de vue de chacun. Ensuite, la comparaison des différentes réponses sert à alimenter les discussions lors d'une réunion ultérieure. Pendant cette réunion, ils comparent et argumentent leurs opinions respectives. Ces échanges au sein du groupe permettent de construire des connaissances chez les participants à propos de la chaîne de transmission automobile. Ce cas pratique de partage de savoir illustre bien les éléments de la situation à mettre en avant pour construire des connaissances, à savoir :

- Une organisation d'interactions sociales entre différents participants ;
- Un cas particulier, un « *Ba* » selon la terminologie de Nonaka *et al.* [Nonaka et al. 2000], qui prend la forme d'une réunion dédiée à cet exercice ;
- Un questionnement imposé, cadré par un document support.

Cet exemple montre que la réunion de différents participants pour échanger à propos de questionnements imposés peut être réalisée de façon concrète. Néanmoins, nous pouvons remarquer qu'il s'agit d'un cas unique c'est-à-dire réalisé ponctuellement et donc difficile à généraliser. Notre besoin initial était de disposer d'une approche pour construire des connaissances locales. Or ces connaissances sont, par définition, fortement liées à un contexte particulier. Nous avons donc besoin d'une approche générique qui puisse se décliner selon les connaissances à construire et s'adapter à chaque cas.

B. Proposition de l'approche K²afé pour la construction de connaissances cibles

1. Objectif et principe de l'approche K²afé

Nous proposons de mettre en place l'approche K²afé pour créer des situations d'interactions conduisant à la construction de connaissances préalablement ciblées (Figure 35). Nous avons choisi de créer un format de réunion au cours de laquelle des participants vont échanger sur des sujets définis par l'approche K²afé.

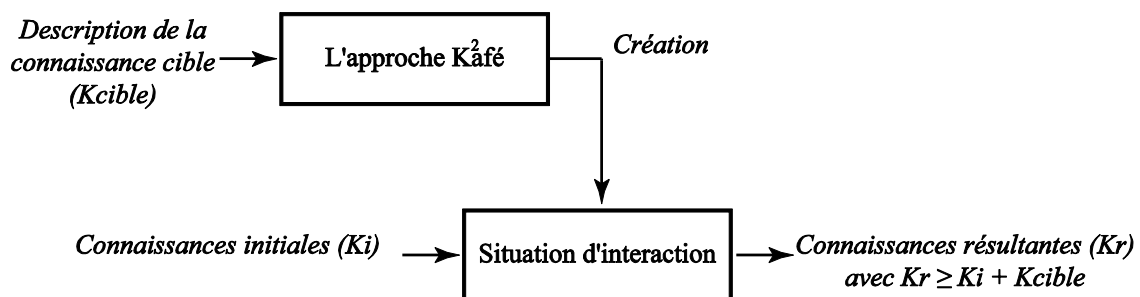


Figure 35. Objectif de l'approche K²afé

Ainsi l'approche K²afé conduit à la confrontation des points de vue des participants lors d'une réunion, au sujet de questionnements précis. Ces questionnements sont choisis de façon à construire les connaissances cibles. Il est nécessaire de capter les points de vue initiaux de chaque participant, puis d'identifier les sujets les moins consensuels. L'objet, que nous appellerons par la suite *document support*, permet d'externaliser⁸⁷ ces points de vue.

2. Des étapes à suivre et des rôles à endosser

Nous proposons de suivre une procédure pour la réalisation de l'approche K²afé qui repose sur un enchaînement de plusieurs étapes portées par des acteurs ayant différents rôles (voir Figure 36).

La mise en place de l'approche K²afé est déclenchée par un *demandeur* pour répondre à un manque de connaissances au sein d'une entreprise. Nous considérons que le *demandeur* est capable d'identifier les connaissances cibles afin de permettre à l'*architecte* d'adapter l'approche K²afé au souhait du *demandeur*. Pour cela, le *demandeur* a pu s'appuyer sur des outils, des méthodes⁸⁸ ou sur le soutien d'experts. D'un point de vue pratique, il est aussi envisageable que l'*architecte* assiste le *demandeur* dans cette phase d'explication des

⁸⁷ Nous reprenons ici la terminologie issue de Nonaka *et al.* [Nonaka et al. 2000].

⁸⁸ La méthode K²stor présentée en chapitre 4 en est un exemple.

connaissances cibles. Cette collaboration doit aussi permettre au *demandeur* de choisir les participants à l'approche K²afé, et notamment de discuter du choix d'y inclure, ou non, un *expert*.

L'*architecte* est donc chargé d'adapter l'approche K²afé aux besoins du *demandeur*, c'est-à-dire définir le document support selon les connaissances cibles. Ce document permettra à un *animateur* de recueillir les points de vue des participants, et de construire le déroulé de la réunion qu'il animera. Il est important que l'*animateur* ne soit pas un participant à la réunion, cependant ce rôle peut être cumulé avec celui d'*architecte*. Pendant cette réunion, une personne peut être chargée de veiller à garder une trace des échanges ou des thèmes abordés qui pourraient donner des pistes de travail futur. Il peut s'agir d'un participant à la réunion ou de quelqu'un d'extérieur mais il semble naturel que le *demandeur* se charge aussi de ce rôle.

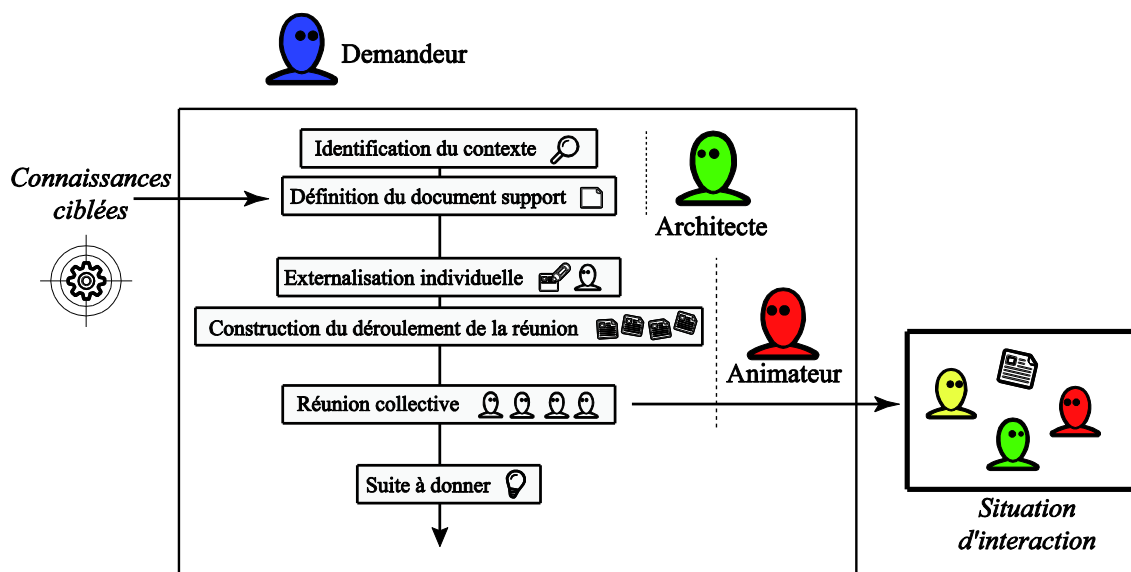


Figure 36. Synthèse des étapes et des rôles de l'approche K²afé

Identification du contexte : L'*architecte* commence par identifier le contexte de l'entreprise. Il s'agit de déterminer des éléments comme ses activités, son organisation, etc. Cela permet de préciser les connaissances cibles et également de choisir les participants à la situation. Ce choix est effectué conjointement avec le *demandeur*.

Définition du document support : Le document est défini pour engendrer des questionnements liés aux connaissances cibles. Bien que fortement liée à l'expertise de l'*architecte*, la partie I.B.3 précise quelques règles à suivre pour cette étape.

Externalisation : Chaque participant à la situation complète le document support, cette phase lui permet d'externaliser son point de vue personnel sur des sujets identiques. Ce point de vue est aussi complété par le niveau de certitude que chaque participant lui accorde. Il est important que l'*animateur* réalise cette étape individuellement, cela permet, par exemple, de s'affranchir des effets de groupe.

Construction du déroulement : La réunion va être animée selon un déroulé construit lors de cette étape par l'*animateur*. Il résulte de la comparaison des documents individuels c'est pourquoi il est nécessaire d'identifier les degrés de désaccord pour chaque question. Il s'agit des désaccords sur le contenu des réponses mais également sur les niveaux de certitude. Ensuite,

une sélection est réalisée parmi les points les moins consensuels pour limiter la réunion à une durée raisonnable⁸⁹ selon le contexte industriel.

Réunion collective : La réunion est animée par l'*animateur* selon le déroulé précédemment construit. L'*animateur* doit faire en sorte que les thèmes identifiés soient évoqués. Il doit aussi distribuer la parole en veillant à ce que tous les participants puissent s'exprimer. Il dispose des réponses individuelles de chacun au *document support* pour éventuellement alimenter les échanges.

Suites à donner : Pendant la réunion, une personne est en charge de définir les suites à donner à ces échanges. L'identification d'un point de désaccord récurrent, ou indépassable par les échanges, peut nécessiter des actions spécifiques : tenue d'une nouvelle réunion sur un thème plus précis, plan de formation sur certains points... Les échanges peuvent aussi se traduire sous forme de compte-rendu, de synthèses... Il est également pertinent d'identifier les participants qui pourraient avoir un intérêt à collaborer sur un point donné.

3. Composition d'une situation d'interaction

Une situation créée par l'approche K²afé se compose de la façon suivante : des *participants* sont regroupés autour d'un *objet* au sein d'un *cadre* (voir Figure 37). Ces trois éléments sont détaillés dans les paragraphes suivants.

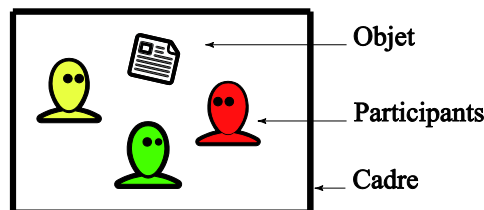


Figure 37. Composition d'une situation

Le cadre : Nous avons déjà évoqué qu'il prend la forme d'une réunion dédiée, c'est-à-dire qu'il s'agit d'utiliser du temps avec le seul objectif de l'approche K²afé. Tout comme le suggère Nonaka *et al.* ce « *Ba* » est un espace particulier : il est hors du temps, dans le sens où il n'est pas intégré aux activités usuelles des participants [Nonaka *et al.* 2000]. Ce cadre se doit de leur offrir aussi un espace de sécurité : pendant cette réunion, ils ne doivent pas avoir à craindre d'être évalués, et les rapports hiérarchiques ne doivent pas influencer leurs échanges.

Les participants : Une situation fait participer les personnes qui vont jouer un rôle dans la construction des connaissances cibles. Il est également possible d'y inclure des personnes considérées comme *apprenantes*, c'est-à-dire non directement impliquées dans cette construction. Selon les connaissances que l'on souhaite construire ou les personnalités⁹⁰ des participants, il peut être nécessaire qu'un participant soit identifié comme un *porteur de connaissances*. L'activité de cet *expert* peut être limitée uniquement aux instants où il est sollicité. Il apporte ainsi des éléments pour alimenter les interactions sans monopoliser la réunion avec une attitude de « formateur ». Le nombre de participants doit être limité afin de

⁸⁹ Nous pensons que limiter une réunion à 1h30-2h est un objectif « raisonnable ».

⁹⁰ Exemple d'un participant qui aurait l'impression de tout savoir, avec trop d'assurance et de certitude.

garantir à chacun un temps de parole suffisant. A titre indicatif nous estimons qu'un total de 10 participants, incluant l'animateur et l'expert, serait un maximum à respecter.

L'objet : Aussi appelé *document support*, joue un rôle déterminant dans notre approche car il est responsable de la génération des échanges et convient donc d'être défini en respectant certaines conditions. Ce document permet d'engendrer des questionnements chez les participants et de recueillir leurs opinions. Il doit comporter suffisamment de questions pour alimenter la réunion : s'il en contient trop peu nous risquons d'être incapables d'identifier des sujets non consensuels. A l'inverse, s'il en contient trop, la phase d'externalisation risque d'être inutilement longue et les participants peuvent ressentir un sentiment de frustration si peu de points sont traités pendant la réunion. Nous estimons, toujours à titre indicatif, qu'une cinquantaine de questions est un nombre suffisant. Le document doit également être ouvert, c'est-à-dire ne pas trop contraindre les réponses. Il est important de pouvoir capter précisément le point de vue de chaque participant avec toutes ses nuances : les questions de type vrai/faux sont donc à proscrire. Dans le même esprit, il est demandé aux participants de préciser le degré de certitude qu'ils accordent à leurs réponses et éventuellement de justifier leur point de vue. Deux participants donnant la même réponse mais avec une certitude ou justification différente, est une information intéressante à connaître. Il s'agit également d'un moyen d'obtenir les réponses d'un participant qui n'osera pas le faire sans nuancer son opinion. Nous pouvons donc capter les points de vue des participants sur des sujets où *a priori* ils ne sont pas experts. C'est pourquoi les questionnements engendrés par le document support peuvent dépasser le domaine de compétence de chaque participant.

C. Déclinaison de l'approche K²afé face au problème d'implication des acteurs en ACV

Nous avons déjà évoqué l'importance et les difficultés posées par l'évaluation environnementale dans les démarches d'écoconception. Nous avons discuté en I.A.2 des connaissances impliquées en ACV et mis en avant que le problème lié à l'implication des services dans ces démarches pouvait être résolu par la construction de connaissances. Nous allons à présent décrire comment l'approche K²afé, que nous venons de présenter de façon générique, peut être déclinée pour traiter de ce thème de l'ACV. Cette déclinaison se traduit par l'utilisation d'un format de document support qui devra être adapté au contexte industriel selon nos recommandations.

1. Présentation de la déclinaison

Si les acteurs de l'ACV en entreprise s'impliquent peu dans ces démarches, c'est notamment parce qu'ils n'estiment pas être concernés. La connaissance des principes de l'ACV n'est pas toujours partagée, et même lorsqu'elle l'est, les acteurs ne l'appliquent pas dans leurs activités concrètes. Ils ont des difficultés à faire le lien entre l'impact environnemental final d'un produit et leurs actions. Les connaissances que l'approche K²afé doit cibler sont que la réalisation d'une ACV fait appel à différents acteurs de l'entreprise et que chacun peut contribuer aux mêmes indicateurs de façon différente. Nous avons évoqué en I.A.2 que pour réussir à construire les connaissances cibles, il était possible de questionner les participants sur les liens entre les concepts en jeu dans ces connaissances. Ainsi, nous voulons créer des échanges concernant l'influence des services d'une entreprise sur des indicateurs environnementaux.

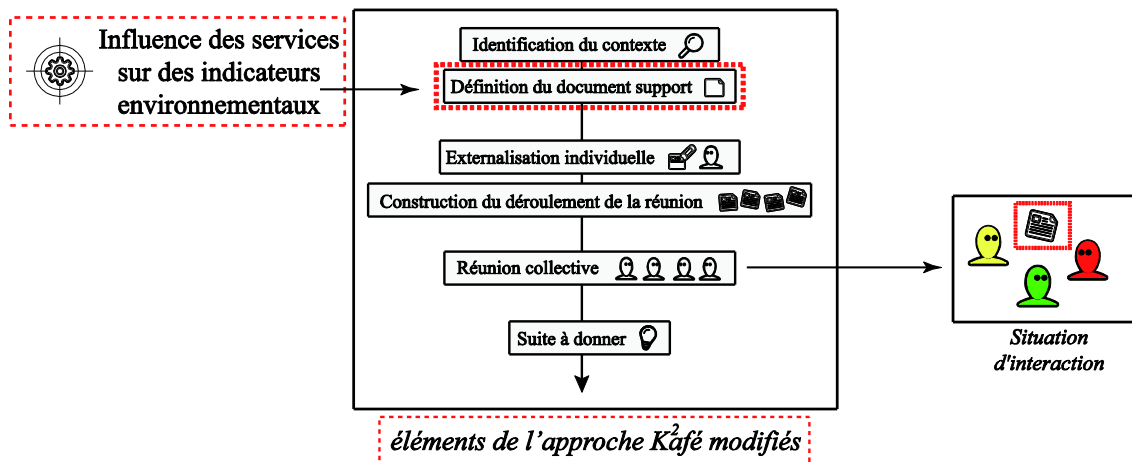


Figure 38. L'approche K²afé déclinée pour le thème de l'ACV

Nous proposons d'utiliser un format de document support pour traiter le problème d'implication des acteurs en ACV. Le reste des éléments composant l'approche K²afé sera déterminé par le contexte industriel particulier dans laquelle elle sera mise en place (Figure 38).

2. Format de document support pour traiter le problème d'implication des acteurs en ACV

Le format de document support qui est présenté ici permet de décliner l'approche K²afé à ce problème d'implication. Nous donnons également des indications pour permettre sa nécessaire adaptation au contexte industriel.

Le format du document support est un tableau qui sert de support pour recueillir les points de vue de chaque participant, avant la réunion, sur les liens entre des services d'une entreprise et des indicateurs environnementaux. Pour ce faire, il leur est demandé de caractériser l'influence, positive ou négative, de ces services sur différents indicateurs. L'échelle d'influence comporte six niveaux, sans valeur « refuge », et avec la possibilité de non réponse (Tableau 23). Les participants doivent aussi indiquer le niveau de certitude de leurs réponses. L'exemple donné dans le Tableau 22, indique que « le participant A estime que le service i a une influence forte sur l'indicateur j et qu'il s'agit d'une intuition ».

		Indicateurs environnementaux	
		j	
Services de l'entreprise		<i>Quels liens ?</i>	
	i	Forte/Intuition (participant A)	

Tableau 22. Principe du document support pour le thème de l'ACV

Le choix des services et indicateurs pris en considération est guidé par le contexte industriel. Toutefois, nous conseillons d'opter pour des services qui permettent de couvrir le cycle de vie d'un produit de l'entreprise. Ce produit doit être commun, c'est-à-dire connu des participants à l'approche K²afé. Les indicateurs utilisés sont sélectionnés à partir de ceux présents dans le logiciel d'ACV de l'entreprise⁹¹. Il s'agit de réaliser un panachage selon leurs difficultés de

⁹¹ Si toutefois elle en possède un, dans le cas contraire nous utiliserons des indicateurs courants.

compréhension. Il est également possible de choisir des indicateurs environnementaux non spécifiques à l'ACV (taux de recyclage, etc...) surtout si l'entreprise en utilise certains.

Echelle	Descriptions	
Influence	ne sait pas, aucune, très faible, faible, forte, très forte	
Certitude	Intuition	<i>Ressenti personnel, sans preuve ni élément précis : « Je pense que, j'aurais envie de dire que ... »</i>
	Preuves légères	<i>Quelques éléments peuvent étayer la réponse, mais de façon partielle : « j'ai vu un reportage, j'ai déjà rencontré le cas... »</i>
	Raisonnable	<i>Plusieurs éléments, expériences ou preuves viennent confirmer la réponse : « à chaque fois j'ai pu voir ça »</i>
	Absolue	<i>« Je n'ai aucun doute et je peux le prouver »</i>

Tableau 23. Echelle d'influence et de certitude

Lors de l'adaptation au contexte industriel, nous recommandons d'utiliser une entreprise fictive fortement inspirée de l'entreprise « réelle ». Ceci permet de prendre, dans un souci de simplification, quelques libertés avec la réalité lors de la sélection des services étudiés (omission de certains, regroupement d'autres...). Mais plus encore, cet artefact donne une distance entre les participants et l'exercice proposé par l'approche K²afé : ce qui va permettre de désinhiber leurs réponses.

II. Une situation pilote pour évaluer l'efficacité de l'approche K²afé

Notre proposition de l'approche K²afé, présentée dans la partie précédente, permet de créer des situations où les interactions entre des participants doivent conduire à la construction des connaissances. Elle s'adapte aux connaissances cibles à construire. Nous venons de décrire comment l'approche K²afé peut être déclinée au cas de l'Analyse de Cycle de Vie. Pour conclure quant à son efficacité, nous réalisons, observons et analysons une situation pilote en milieu académique inspirée du contexte industriel d'Aubrillam (Figure 39).

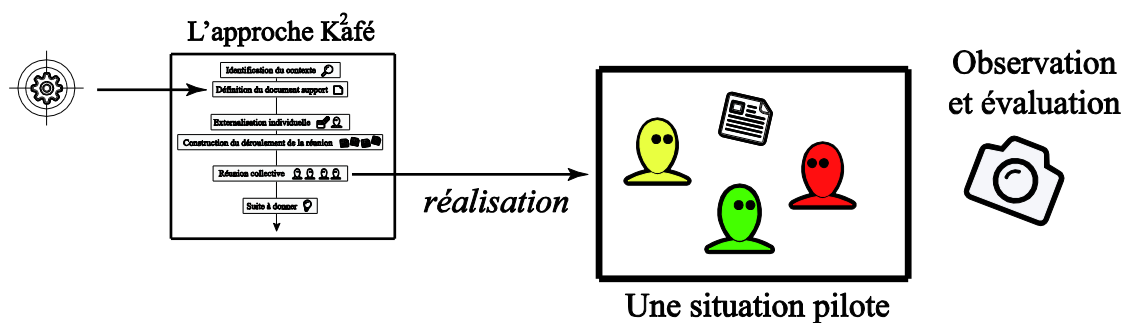


Figure 39. Réalisation, observation et évaluation d'une situation pilote

A. Description de la situation pilote

1. Principe de la situation pilote

La collaboration industrielle avec Aubrillam n'a pas permis de mettre en pratique l'approche K²afé directement au sein de cette entreprise. Nous nous sommes néanmoins largement inspirés de ce contexte industriel pour la mise en place de cette situation pilote. Pour ce faire, nous avons utilisé une PME fictive dont la description est très proche de l'entreprise Aubrillam, et les

participants à l'expérience devaient se considérer comme des employés de cette PME. L'architecte et l'animateur ont été portés par la même personne.

Nous avons donc utilisé un tableau croisé pour qualifier le lien entre des services ou éléments d'un produit et des indicateurs environnementaux selon les qualificatifs déjà présentés en Tableau 23. Les six services utilisés dans le document support sont décrits dans le Tableau 24. Ils ont été choisis de façon à couvrir l'intégralité du cycle de vie d'un des produits de cette PME. Nous avons aussi utilisé les trois éléments d'un produit, en l'occurrence un banc d'extérieur car nous disposons de son ACV. Il était composé d'une assise en latte de bois, d'un module en béton et d'une structure en acier. Ensuite, nous nous intéressons à l'impact potentiel de ces différents services sur quatre indicateurs environnementaux dont la description est donnée dans le Tableau 25. La *recyclabilité* a été choisie car il s'agit d'une notion courante, mais dont les méthodes de calcul variées devraient engendrer des opinions différentes. Nous utilisons ensuite trois indicateurs présents dans la plupart des méthodes d'analyse environnementale, notamment celle utilisée par Aubrilam. La *consommation d'eau* et les *déchets dangereux* sont facilement compréhensibles, contrairement à *l'eutrophisation de l'eau*.

Services	Activités principales
Direction-marketing	Il décide de créer le produit, rédige son cahier des charges et fixe le prix de vente souhaité.
Bureau d'étude	Il est chargé de la conception et du développement technique.
Achat	Il s'occupe du choix des fournisseurs.
Usine	Il regroupe les unités de production.
Logistique	Il a pour champ d'action l'ensemble des éléments liés aux transports comme la commande des transporteurs, l'approvisionnement ou la gestion des stocks.
Commercial	Il est en lien avec les clients, réalise les devis et remplit les bons de commande.

Tableau 24. Description des services considérés

Indicateurs	Descriptions
Recyclabilité	Il quantifie la possibilité de retraiter des déchets afin de les réintroduire dans le cycle de production.
Consommation d'eau	Il mesure la quantité d'eau consommée par un produit tout au long de son cycle de vie.
Déchets dangereux	Il quantifie la masse de déchets dangereux (déchets qui nécessitent donc un traitement particulier) produits lors du cycle de vie du produit.
Eutrophisation de l'eau	Il caractérise l'enrichissement en nutriments des eaux.

Tableau 25. Description des indicateurs étudiés

Le document support complet est présenté dans le Tableau 26. Pour mieux identifier le niveau de désaccord entre les participants, nous avons questionné les participants sur des indicateurs non environnementaux, en l'occurrence le coût, la qualité, et les délais. Nous faisons l'hypothèse que ces indicateurs, plus communs, amèneront l'ensemble des participants à se positionner de façon similaire. L'analyse du lien qu'ils font entre les services et ces trois indicateurs usuels doit nous permettre de disposer d'une référence de comparaison pour l'analyse des dispersions.

		Indicateurs affectés						
		Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
Services	BE							
	Commercial							
	Marketing							
	Logistique (colis)							
	Achat							
	Usine							
Banc	Latte en bois							
	Module béton							
	Support acier							

Tableau 26. Tableau utilisé comme document support

2. Présentation de la situation pilote

Les six participants étaient des doctorants dans des domaines scientifiques différents mais ayant tous un lien avec le monde industriel (Figure 40). Parmi eux, un participant (S) était chargé de réfléchir aux suites à donner à cette réunion s'ils avaient été dans un cas réel. Il est à noter que ce participant avait une expertise non négligeable en écoconception mais également une expérience avec Aubrilam. Un autre (A) était chargé de l'animation de la réunion. Le rôle de l'expert (E) a été joué par un doctorant en écoconception.

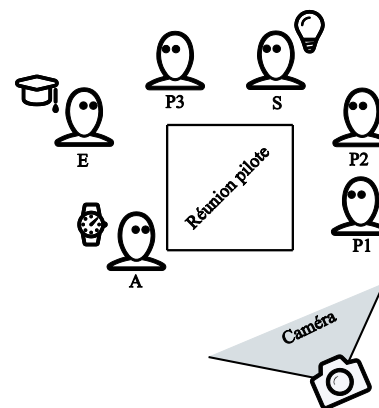


Figure 40. Photo et schéma de la réunion pilote

Les services de l'entreprise fictive et les indicateurs étudiés ont été décrits dans des supports écrits qui contenaient aussi des généralités sur l'écoconception (voir Annexe 2). Le point de vue de chaque participant, sur les liens entre services et indicateurs environnementaux, a été exprimé dans un document lors d'un entretien individuel d'environ 20 minutes. Les points de désaccord entre les participants ont pu être identifiés en comparant ces documents (voir Annexe 2). La sélection des huit points les moins consensuels a permis de limiter la réunion, liée aux indicateurs environnementaux, à une durée totale de 45 minutes.

à considérer l'abondance des échanges (C1), leurs diversités (C2) et également leurs réseaux (C3). Nous voulons également que cette approche ne soit pas trop rigide. C'est-à-dire qu'elle puisse générer des échanges au-delà de l'exercice (C4) et que les participants ne soient pas contraints par la structure de la réunion (C5). Enfin, il paraît pertinent de pouvoir suivre la dynamique de construction des connaissances entre les acteurs. Pour cela nous allons observer leurs changements d'opinion (C6).

Critères	Description
C1 Abondance des échanges	Les interactions entre les participants sont nombreuses
C2 Diversité des échanges	La réunion n'a pas été monopolisée par une minorité de participant
C3 Réseau des échanges	La topologie du réseau des interactions est proche d'un type <i>maillé</i> ⁹⁴ : les échanges ont bien eu lieu entre tous les participants.
C4 Nature des échanges	Ils sont allés au-delà du cadre du document support. La nature des discussions n'est pas limitée uniquement aux réponses au document lié à l'exercice
C5 Souplesse de la réunion	Les échanges ne sont pas trop contraints par l'animation de la réunion
C6 Changement d'opinion	La réunion a permis de modifier les opinions des participants ou de renforcer leur certitude.

Tableau 27. Critères d'évaluation de l'approche

B. Résultats de la situation pilote

1. Traitement des données

A partir des verbatim, nous sommes capables de caractériser l'intégralité des prises de parole de chaque participant selon trois catégories (voir Tableau 28). La première regroupe les *métadonnées*, c'est-à-dire la durée, l'émetteur et le destinataire d'une interaction. Le destinataire peut être un participant, l'ensemble, ou indéterminé s'il est impossible de le discerner sans une forte certitude. Ensuite nous étudions le *sujet* des échanges. Il peut être lié aux indicateurs et services dont il est question dans le document support, au niveau de l'influence/certitude des réponses, ou concerner un autre sujet non cité précédemment. Enfin nous nous intéressons à la *dimension* des interactions. Elle permet de différencier un échange selon qu'il concerne uniquement l'exercice imposé par notre approche ou qu'il est plus générique. Par exemple, si un participant explique une de ses réponses du document support (« *dans cette case, j'ai noté ça* »), il s'agira d'une dimension liée à l'exercice. Mais si sa prise de parole est libérée de ce cadre (« *je pense que dans la vraie vie, on trouverait ça* ») alors on considérera que sa dimension est générique. Notons que nous avons quelques fois eu recours à la vidéo pour préciser des informations par l'examen des postures ou des regards des participants. Quelques exemples de codage sont donnés dans le Tableau 29. Le logiciel NVivo a été utilisé pour le traitement de toutes ces étapes. Ce logiciel permet de comptabiliser, pendant une période donnée, le nombre d'échanges selon une catégorie. Par exemple, il est possible de connaître le nombre de prises de parole du participant P1 avec pour sujet le service Logistique etc...

⁹⁴ Ceci s'oppose, par exemple, à un réseau en étoile.

	Descriptions	
	Durée	Temps
Métadonnées	Emetteur	Nom d'un participant
	Destinataire	Nom d'un participant
		Collectif
Sujets	Indicateur	Recyclabilité, Consommation d'eau, Déchets dangereux ou Eutrophisation
		Service
	Certitude ou influence	
	Autre	
	Liée à l'exercice	
Dimensions	Générique	
	Ne peut être déterminée	

Tableau 28. Grille d'analyse des interactions

Extrait verbatim	Sujet	Dimensions
<i>Et le béton, cela se recycle bien ?</i>	Recyclabilité	Générique
<i>Alors redéfinit ce que fait le BE ? [il commence à lire une feuille posée sur la table qui contient les consignes]</i>	BE	Liée à l'exercice
<i>J'ai mis un faible parce qu'il peut y avoir des décisions prises en production qui...</i>	Certitude ou influence, Usine	Liée à l'exercice
<i>les entreprises lancent des produits qui sont peut-être recyclables (...) mais elles ne savent pas si c'est vraiment fait.</i>	Recyclabilité	Générique

Tableau 29. Exemple de codage

Les six critères d'évaluation de l'approche viennent d'être décrits Tableau 27. Les liens entre ces critères et les données observées sont reportés dans le Tableau 30. Nous utilisons les contributions qualitatives des données observées à ces critères. Par exemple, la répartition des temps de parole de chaque participant et celle des destinataires des échanges va nous permettre de contribuer à l'évaluation des critères C1 (abondance), C2 (diversité) et C3 (réseau). Pour estimer le critère C5 (souplesse de la réunion), nous allons comparer les sujets de chaque échange à la structure de réunion initialement prévue (et selon laquelle la réunion a été animée). Ainsi, nous identifierons si les échanges ont toujours suivi les thèmes suggérés par l'animateur, ou si les discussions ont été autoalimentées par les différents participants.

Critères	Analyse des interactions			Structure réunion	Documents pré et post réunion
	Durée, émetteur et destinataire	Sujet	Dimension		
C1 Abondance des échanges	X				
C2 Diversité des échanges	X				
C3 Réseau des échanges	X				
C4 Nature des échanges			X		
C5 Souplesse de la réunion		X		X	
C6 Changement d'opinion					X

Tableau 30. Lien entre les données observées et les critères d'évaluation

2. Critères C1, C2 et C3

C1 Abondance des échanges. La Figure 43 montre qu'il faut tenir compte à la fois des durées et du nombre de prises de parole pour caractériser quantitativement les échanges. En effet, certains participants ont tendance à avoir des interventions courtes mais fréquentes. Chaque participant a pris la parole pendant au moins 6 minutes sur une séquence de 45 minutes avec une moyenne de 40 prises de parole individuelles. La réunion a donc bien provoqué des échanges. Les participants E et A, qui jouaient les rôles d'expert et d'animateur, ont le plus faible nombre de prises de parole pour une durée similaire à la moyenne. La surprise provient du participant S qui devait réfléchir aux suites à donner à la réunion. Avec 54 prises de parole

pendant 12 minutes, il est largement au-dessus de la moyenne. Nous observons que par rapport aux participants P1, P2 et P3, ses interventions étaient aussi nombreuses mais deux fois plus longues.

C2 Diversité des échanges. La précédente remarque est également observable sur la Figure 44. Avec une nuance pour S : la répartition des temps de parole est globalement uniforme entre les autres participants. Personne n'a monopolisé la parole.

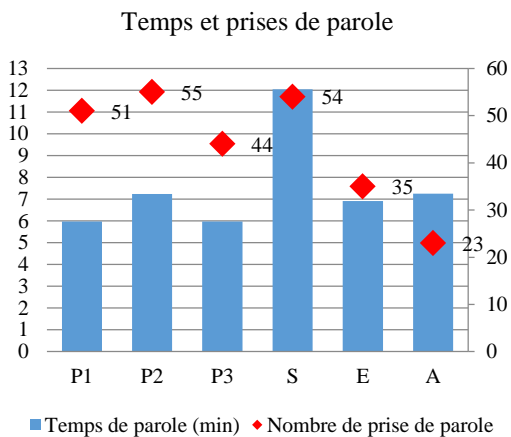


Figure 43. Temps et prises de parole des participants

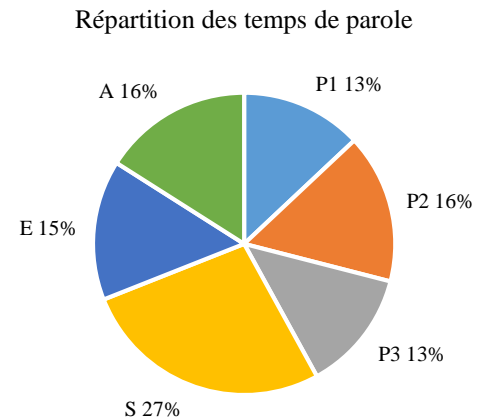


Figure 44. Répartition des temps de parole des participants

C3 Réseau des échanges. La répartition des échanges entre les participants (Tableau 31) récapitule le nombre de prises de parole entre un participant émetteur et un destinataire (voir Annexe 2). Il est à noter que les destinataires de 7% des échanges n'ont pu être déterminés. Nous constatons que, mis à part l'animateur A, chaque participant a échangé au moins une fois avec tous les autres. La moitié des échanges de A était destinée à l'ensemble des participants alors que seuls 22% des échanges globaux étaient à destination du collectif. La Figure 45 représente le nombre d'échanges directs entre S, P1, P2 et P3. Elle permet de se rendre compte que la disposition physique des participants ne semble pas avoir une influence notable sur leurs échanges.

		Destinataire						
		P1	P2	P3	S	E	A	Collectif
Emetteur	P1		6	2	18	2	9	8
	P2	8		9	5	8	13	13
	P3	4	10		10	7	2	13
	S	23	9	10		1	2	6
	E	5	9	11	1		1	12
	A	6	5	3	0	0		13

Tableau 31. Répartition des échanges entre les participants

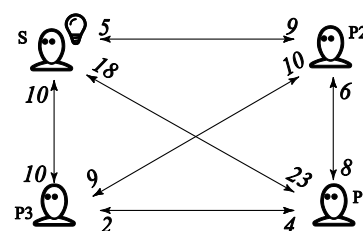


Figure 45. Répartition du nombre d'échanges directs

3. Critères C4 et C5

C4 Nature des échanges. La dimension des échanges permet de différencier ceux qui concernaient uniquement l'exercice imposé par notre approche, de ceux qui étaient plus génériques. Les résultats montrent que pour 23% des échanges il était impossible de déterminer

leurs dimensions. Bien que 46% des interactions étaient liées à l'exercice, les participants sont allés au-delà de ce cadre dans 32% des cas. Cependant, il faut noter que cette répartition est très variable selon les séquences de la réunion (de 7% à 71% pour les échanges génériques voir Annexe 2). Nous estimons donc que les participants ont réussi à s'affranchir du cadre de l'exercice dans certaines séquences.

C5 Souplesse de la réunion. Nous sommes capables d'identifier le sujet d'un échange, et même de connaître l'indicateur ou le service qui a été évoqué. Ainsi, nous déterminons la proportion « *d'échanges prévisibles* », c'est-à-dire dont le sujet était suggéré par la structure de réunion suivie. Par exemple, en séquence n°12 l'animateur avait proposé de discuter du lien entre le service Marketing-Direction et l'indicateur déchets dangereux. Lors de cette séquence, 28% des échanges avaient pour sujet les indicateurs, 31% les services et 23% les niveaux d'influence ou de certitude. Pour 18% des échanges, le sujet était autre que ceux déjà cités. Si on s'intéresse aux indicateurs qui ont été évoqués dans cette séquence, nous retrouvons bien à hauteur de 67% l'indicateur déchets dangereux. Néanmoins, les trois autres indicateurs sont aussi évoqués dans les mêmes proportions (11%). A l'échelle de toute la réunion, nous observons qu'en moyenne 80% des indicateurs évoqués étaient « *prévisibles* ». Ce résultat est identique pour les services. Il semble donc que la structure de la réunion contraigne, mais pas intégralement, le sujet des échanges.

4. Critère C6

C6 Changement d'opinion. L'étude porte uniquement sur P1, P2 et P3. En effet, ces trois participants avaient le moins d'expertise en écoconception avant la réunion. C'est aussi pour cette raison que les comparaisons ne portent que sur les questions liées à l'environnement (soit 36 sujets). Nous observons les changements de qualificatifs (*faible, fort, très fort* etc...) utilisés par les participants, et également le degré de certitude qu'ils avaient. Nous avons pu, par exemple, calculer le nombre de changements de réponse mais également leur ampleur. Pour rappel, l'échelle comportait les niveaux suivants : *ne sait pas, aucune, très faible, faible, forte* et *très forte*. Nous appelons « *niveau* » l'écart entre deux qualificatifs : le passage de *fort* à *très fort* est de l'ampleur d'un niveau tandis que celui de *aucun* à *faible* est de deux niveaux.

La comparaison de toutes les réponses (voir Annexe 2) permet de dresser quelques constats. P1 a changé 78% de ses réponses après la réunion, 44% de ces changements étaient d'un seul niveau, 30% de 2 et 26% de 3. Nous constatons qu'après la réunion il a eu tendance à utiliser des qualificatifs plus « *centraux* » qu'auparavant (Figure 46). Avant la réunion il utilisait dans 47% de ses réponses les qualificatifs *faible* ou *fort*, alors qu'après la réunion cette proportion monte à 72%. Il est aussi devenu plus sûr de lui dans ses réponses, passant d'une majorité d'*intuition* à des *certitudes raisonnables*. P2 a modifié 56% de ses réponses mais la grande majorité (70%) de ces changements était d'un seul niveau. Avant la réunion il utilisait des qualificatifs extrêmes (*aucun* et *très fort*), après celle-ci il a atténué ses réponses (voir Figure 47). P3 a changé 64% de ses réponses après la réunion. Ces modifications étaient majoritairement (87%) d'un seul niveau. Ainsi nous visualisons que ses réponses utilisent de façon plus uniforme les qualificatifs (voir Figure 48). Le point à retenir se situe au niveau de la certitude de ses réponses qui a diminué. Il utilise à présent 61% d'*intuition* contre 53% auparavant, et 36% de *certitude légère* contre 47% avant la réunion.

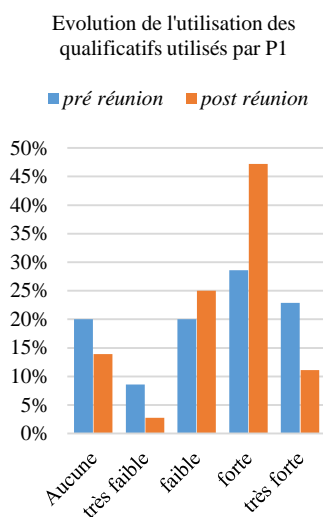


Figure 46. Evolution de l'utilisation des qualificatifs utilisés par P1

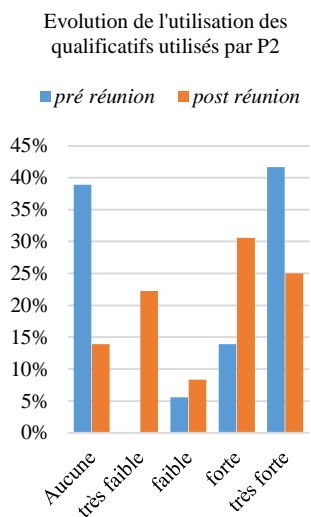


Figure 47. Evolution de l'utilisation des qualificatifs utilisés par P2

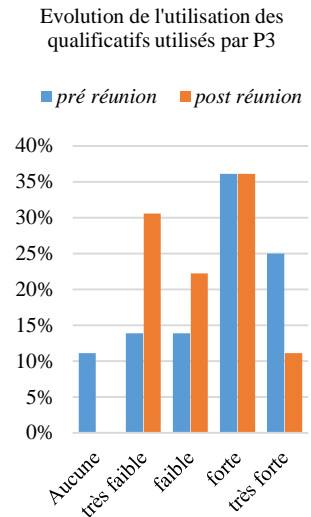


Figure 48. Evolution de l'utilisation des qualificatifs utilisés par P3

Examinons à présent plus en détails les réponses de ces trois participants aux huit questions évoquées lors de la réunion (Tableau 32). Les réponses de P1 à ces questions sont conformes à la tendance observée précédemment. Il a changé de nombreuses réponses de plusieurs niveaux. Nous notons également qu'il sait à présent répondre à une question alors qu'il estimait *ne pas savoir* avant la réunion. Nous avons noté que P2 avait effectué majoritairement des changements d'un seul niveau. Mais nous nous apercevons que pour les sujets évoqués pendant la réunion, il s'agit de passage d'*aucune* influence à une influence *très faible* : nous considérons qu'il s'agit d'un saut théorique non négligeable⁹⁵. Si nous étudions la séquence 7, qui traitait de l'influence des lattes en bois sur les déchets dangereux, nous notons que P1 et P3 ont eu des raisonnements différents. P1 a modifié sa réponse initiale de *forte* à *faible*, alors que P3 a effectué le changement inverse.

Sujets évoqués lors de la réunion	P1		P2		P3	
	Pré réunion	Post réunion	Pré	Post	Pré	Post
5 BE et Consommation d'eau	Faible	Très fort B	Très fort	Très fort C	Très fort A	Fort B
6 Usine et Recyclabilité	Aucun B	Aucun B	Aucun	Aucun D	Fort B	Faible B
7 Latte de bois et Déchets dangereux	Fort	Faible A	Aucun	Très faible C	Faible A	Fort B
8 Commercial et Recyclabilité	Aucun	Fort B	Aucun	Très faible A	Très faible B	Faible A
9 Logistique et Consommation d'eau	NSP	Faible B	Aucun	Très faible A	Aucun B	Très faible B
10 Module béton et Déchets dangereux	Fort	Faible A	Aucun	Aucun D	Fort A	Faible A
11 Marketing et Déchets dangereux	Très faible B	Faible B	Aucun	Fort A	Fort B	Fort A
12 Latte en bois et Eutrophisation	Fort A	Fort A	Très fort	Très fort B	Très faible A	Fort A

Les écarts supérieurs à 2 ont été grisés

Tableau 32. Evolution des réponses de P1, P2 et P3 sur les sujets évoqués lors de la réunion

⁹⁵ En effet, le passage de *aucune* à *très faible* influence nous paraît plus « important » que celui de *très faible* à *faible*. Dans le second cas, il s'agit d'un changement d'amplitude alors que le premier reflète la création d'un nouveau lien.

C. Analyse de la situation pilote

1. Quelques limites

Les résultats précédents sont tempérés par quelques éléments. Tout d'abord l'étude des interactions est un domaine vaste. Il hérite de nombreuses considérations à la fois théoriques et pratiques. Il impose, par exemple, un codage multiple par plusieurs personnes afin de comparer leurs utilisations de la grille d'analyse et d'en vérifier l'objectivité. Cette étape n'a pas pu être réalisée. Cependant, pour éviter les biais de codage que nous aurions pu introduire, la grille utilisée était la plus explicite possible en ne ciblant que des éléments *factuels* (sujet des échanges, etc...). Elle incluait également la possibilité d'utiliser une catégorie *indéterminée* dès lors qu'un doute existait.

Ensuite, une situation pilote en milieu académique n'est pas échangeable avec un cas industriel. Les participants se connaissaient avant la réunion, ce qui a facilité les échanges notamment en limitant les jugements négatifs entre eux. En milieu industriel, des éléments similaires peuvent être présents, mais il semble intéressant d'étudier l'impact des rapports hiérarchiques dans la réussite de cette approche. De plus, le contexte individuel semble être proche entre des doctorants car ils partagent, entre autre, une culture et un langage commun. Une situation industrielle permettrait de compléter nos résultats en tenant compte de ce paramètre.

2. Analyse du déroulement de la situation pilote

Le premier constat que nous pouvons faire est que la séance s'est déroulée sans difficulté. Les participants ont échangé de façon assez spontanée. Le format « *jeux de rôle* » a été accepté, ils se sont appropriés cet exercice et ont participé avec la même intensité. Même si dans le cas contraire ceci n'aurait pas été nécessairement négatif, cette observation confirme la dynamique de groupe créée.

Nous pouvons aussi noter que les trois rôles imposés par notre approche se sont avérés utiles et n'ont pas perturbé l'expérience. L'animateur a suivi le guide prévu et n'a pas eu une activité trop importante vis-à-vis des autres, il est resté dans son rôle. Nous dressons le même constat à propos de l'expert environnemental : ses prises de parole ont toujours été sollicitées par les autres participants. Nous avons été surpris de l'importance qu'a prise le participant S. Il semble que son rôle, *réfléchir aux suites à donner à la réunion*, a augmenté son activité. Certes la personne pouvait se prévaloir d'une expertise à propos d'Aubrillam mais nous notons que cela n'a pas influencé le déroulement de la réunion. La preuve est que les réponses post réunion des autres participants ne sont pas toutes similaires à celle de S (Tableau 33). Nous remarquons que ceci est également vrai pour l'expert.

Sujets évoqués lors de la réunion	P1	P2	P3	S	E
5 BE et Consommation d'eau	Très fort B	Très fort C	Fort B	Fort B	Très fort C
6 Usine et Recyclabilité	Aucun B	Aucun D	Faible B	Très faible B	Très faible B
7 Latte de bois et Déchets dangereux	Faible A	Très faible C	Fort B	Fort B	Faible B
8 Commercial et Recyclabilité	Fort B	Très faible A	Faible A	Aucun B	Aucun C
9 Logistique et Consommation d'eau	Faible B	Très faible A	Très faible B	Fort B	Fort B
10 Module béton et Déchets dangereux	Faible A	Aucun D	Faible A	NSP	Fort B
11 Marketing et Déchets dangereux	Faible B	Fort A	Fort A	Très fort C	Fort B
12 Latte en bois et Eutrophisation	Fort A	Très fort B	Fort A	Fort A	Faible B

Tableau 33. Réponses post réunion des participants P1, P2, P3, S et E

Parmi les réponses des participants, il est étonnant de constater que les degrés de désaccord sur les indicateurs environnementaux n'étaient pas plus marqués que ceux concernant la *qualité*, le *coût* et les *délais*. Nous observons que les réponses des participants semblent réparties de manière égale entre ces deux familles d'indicateurs. Nous dressons le même constat en comparant les dispersions de réponses selon les services. En effet, à l'exception notable du service *commercial*, les valeurs sont proches (voir Annexe 2). Cependant, la phase de discussion concernant la *qualité*, le *coût* et les *délais* a permis aux participants de définir de nombreux termes. Il s'agissait pour les participants de s'accorder sur ce qu'ils considéraient derrière chacun des services. Etant donné que l'approche K²afé préconise d'utiliser un cas simplifié et fictif, nous nous attendons à ce que cette phase de discussion soit inhérente à toute réunion.

3. Une construction de connaissances rendue possible par l'approche K²afé

L'approche K²afé a été mise en pratique afin de provoquer la construction de connaissances cibles, relatives à l'existence de lien entre les activités des acteurs d'une entreprise et l'impact final d'un produit.

L'analyse de la réunion met clairement en évidence une évolution d'opinions et de certitudes chez les participants et leur vision des choses est désormais différente après cette expérience. Cette évolution, rendue possible par l'approche K²afé est l'un des résultats les plus marquant de notre étude. Les changements d'opinions des participants ainsi que l'évolution de leurs certitudes, nous permettent donc d'affirmer que cette réunion a suscité la réalisation de mécanismes cognitifs individuels. Alors qu'une description de l'entreprise et des indicateurs avait été donnée aux participants, le contexte individuel de chacun a fait en sorte qu'ils ne l'ont pas acceptée en tant que tel. La construction d'une définition commune des services est un exemple des connaissances engendrées par cette situation. Nous pouvons aussi citer que, compte tenu des discussions, une meilleure compréhension des indicateurs environnementaux a été rendue possible chez les participants.

Le fait que les participants aient réussi à dépasser le cadre de l'exercice est primordial car les questionnements posés par le document n'étaient qu'un prétexte aux discussions. Il ne s'agissait pas de trouver la bonne réponse mais d'établir l'existence de liens. Les réponses de l'expert ainsi que ses commentaires pendant la réunion montrent qu'il n'existe de toute façon aucune réponse absolue à ces questions. Par contre, montrer et expliquer comment un lien peut exister entre les services de l'entreprise et des indicateurs environnementaux est primordial. Plusieurs séquences de la réunion illustrent bien ce constat : les participants se sont, par exemple, interrogés sur les notions d'impact direct ou indirect. P1 proposait d'ajouter « *un indicateur qui serait binaire : direct ou indirect (...); le marketing va avoir une influence, au final, indirecte (...) alors que l'usine va avoir un impact direct sur l'eutrophisation de l'eau* ». Ces échanges ont ensuite naturellement dévié sur la notion d'impact potentiel.

La création d'une situation d'interaction par l'approche K²afé a donc été observée lors d'une situation pilote en milieu académique. Les résultats nous permettent d'affirmer que ses participants ont mobilisé, partagé, et fait évoluer leurs connaissances sur le thème de l'ACV. Notre proposition a donc été testée et son efficacité validée, cela doit maintenant être confirmé lors d'une application en milieu industriel.

III. Conclusions

A. Une approche efficiente

L'approche K²afé a été développée pour répondre au besoin de construction de connaissances locales. Elle est basée sur la confrontation des points de vue de différents participants autour d'un document support. Sa procédure de mise en place permet de la décliner selon les problématiques à traiter. Une déclinaison de l'approche K²afé pour traiter le problème d'implication des acteurs en ACV a également été présentée. Nous avons mis en place cette nouvelle approche pour la tester en situation pilote en milieu académique.

L'observation de cette situation nous a permis d'obtenir des résultats significatifs pour valider l'efficience de l'approche K²afé. Ces résultats permettent d'affirmer que la situation créée conduit à la construction, dans une certaine mesure, de connaissances chez les participants. De plus, la richesse des échanges notamment en termes de sujets évoqués ou d'argumentation utilisée nous laisse penser que l'approche K²afé peut aussi s'avérer efficiente lorsqu'elle est déclinée selon d'autres thèmes.

B. Des perspectives possibles à l'approche K²afé

Nous avons déjà évoqué les limites à donner aux résultats de cette mise en pratique en milieu académique. Et il semble indispensable de compléter l'évaluation de l'approche K²afé par des mises à l'épreuve industrielles. Néanmoins, nous sommes confiants quant à ces résultats, certaines contraintes pouvant être évitées. Les problématiques posées par les rapports hiérarchiques peuvent être dépassées lors du choix des participants. Nous pouvons par exemple éviter de réunir des acteurs avec leur supérieur direct. Il est aussi possible d'utiliser des documents totalement neutres vis-à-vis de l'entreprise concernée.

L'approche K²afé a été développée avec le souci d'être déclinable à chaque thème ou problématique à traiter. Une perspective intéressante serait donc de l'adapter à d'autres sujets. Afin de cibler des connaissances sur l'ACV, mais à une échelle plus proche de la conception, nous pourrions faire échanger les membres d'un bureau d'étude sur les contributions environnementales de chaque élément, processus ou matériau d'un même produit. Il est aussi possible de générer des échanges afin de traiter des problèmes de calcul de taux de recyclage. Ce type d'activité pouvant s'avérer complexe à mener étant donnée la diversité de méthode de calcul [Zwolinski, Prudhomme, and Brissaud 2004].

Une perspective du travail à mener doit concerner l'amélioration de l'opérationnalité de l'approche K²afé. Quelques étapes de la mise en pratique réalisée se sont avérées un peu fastidieuses. C'est notamment le cas de la saisie informatique des documents individuels et de leur comparaison. Il serait donc utile de développer des outils informatiques pour faciliter ces étapes afin de profiter pleinement du potentiel offert par l'approche K²afé.

Enfin, comme nous le mettons en avant dans la partie I.B.3, la définition du document est fortement liée à l'expertise de la personne qui le réalise. Réussir à identifier le questionnement le plus adéquat pour permettre la construction des connaissances cibles est un challenge. Nous avons montré comment certaines connaissances pouvaient être construites, mais il serait utile d'élargir l'utilisation de l'approche K²afé en rendant la création du format du document support plus « automatique ». Outre son expérimentation et l'amélioration continue, il est intéressant de se tourner une fois encore vers les sciences de l'éducation. En effet, nous sommes là face aux problèmes quotidiens d'un professeur qui souhaite enseigner une connaissance : quelle est

la bonne question que l'étudiant doit se poser pour apprendre tel savoir ? Une investigation plus poussée dans ce champ doit permettre d'identifier des mécanismes pour construire les documents supports.

Chapitre 6 : La K²alligraphie, un formalisme pour partager les connaissances lors d'une Analyse de Cycle de Vie

Résumé : Ce chapitre tente de répondre au besoin d'objets intermédiaires dans les démarches d'écoconception. Nous avons établi dans les chapitres précédents que la réalisation d'Analyses de Cycle de Vie engendrait des difficultés de gestion des interfaces entre ses acteurs. Il est notamment difficile de partager les raisonnements qui ont amené à certains choix et hypothèses de modélisation. Pour améliorer ce partage, nous proposons d'adapter le formalisme Issue-Based Information System (IBIS), utilisé dans le cadre du Rational Design. Nous l'utilisons pour construire des notices explicatives d'études d'ACV. Afin de tester l'utilité et la mise en pratique de notre proposition, nous avons mené une étude empirique. Nous avons observé comment un groupe d'étudiants manipule cet outil lors de la réalisation d'ACV. L'analyse de ces résultats nous permet de conclure quant au potentiel d'efficacité de notre proposition.

I. La K²alligraphie pour formaliser et partager les raisonnements lors d'une Analyse de Cycle de Vie ..	122
A. Formaliser les raisonnements en ACV	122
1. Un besoin de construction de connaissances par échanges asynchrones	122
2. Quels sont les besoins d'échanges asynchrones en ACV ?	122
3. Intérêt du formalisme Issue-Based Information System (IBIS).....	123
B. La K ² alligraphie un formalisme pour la création de notices explicatives d'ACV	125
1. Objectifs et principes de la K ² alligraphie	125
2. Construction d'une notice par la K ² alligraphie.....	126
3. Une forte intégration possible aux démarches d'écoconception.....	126
C. La K ² alligraphie en pratique d'après des données d'Aubrilam.....	128
1. L'ACV d'un produit d'Aubrilam.....	128
2. Construction de la notice de l'ACV du banc d'extérieur d'Aubrilam	128
3. Détails de la notice explicative de l'ACV du banc d'extérieur d'Aubrilam	129
II. Mise à l'épreuve du formalisme K²alligraphie lors d'une étude empirique.....	131
A. Description de l'étude empirique	131
1. Objectifs de l'étude empirique.....	131
2. Description de l'étude empirique.....	131
3. Déroulé et documents disponibles	132
4. Observations réalisées	132
B. Résultats de la séance observée	134
1. Traitement des données	134
2. Résultats de l'activité dans sa globalité	134
3. Résultats locaux : utilisation des documents	135
C. Analyse et limites	137
1. Quelques limites	137
2. Un déroulement positif de l'activité	137
3. Une notice explicative utile	137
III. Conclusions	138
A. Un formalisme utile.....	138
B. Des perspectives de développement en milieu industriel	138

Etant donné l'importance des objets intermédiaires dans l'organisation des interactions sociales, nous avons montrés qu'ils jouaient aussi un rôle dans la construction de connaissances. Nous allons ici traiter de la création d'un objet intermédiaire dédié au cas particulier des interfaces entre les différents acteurs impliqués lors d'Analyses de Cycle de Vie.

I. La K²alligraphie pour formaliser et partager les raisonnements lors d'une Analyse de Cycle de Vie

A. Formaliser les raisonnements en ACV

1. *Un besoin de construction de connaissances par échanges asynchrones*

Nous avons précédemment établi que la construction de connaissances pouvait améliorer les démarches d'écoconception. L'étude bibliographique du chapitre 2 a mis en évidence un manque de connaissances, notamment d'un niveau local, dans le domaine de l'écoconception. Ce manque n'étant pas traité par les initiatives existantes, il apparaissait alors naturel de réfléchir aux leviers permettant de le combler. Le rôle potentiel des interactions sociales dans cette construction de connaissances avait alors été mis en avant. Le concept d'objet intermédiaire⁹⁶ avait aussi été évoqué comme élément central de ces échanges. Nous nous interrogeons, par ailleurs, sur l'hypothèse que l'absence d'objets intermédiaires, à l'interface des différents acteurs de l'écoconception, pouvait expliquer en partie le manque de connaissances dont souffrent ces démarches. Le chapitre 4 a proposé la méthode K²stor comme moyen pour diagnostiquer les problèmes liés aux connaissances dans les démarches d'écoconception. Nous l'avons mis à l'épreuve d'un cas industriel, ce qui a permis d'identifier deux catégories d'interactions sociales à créer. La première, qualifiée de synchrone, peut être créée par l'approche K²afé longuement présentée en chapitre 5.

Il s'agit à présent de réfléchir aux moyens permettant de créer des situations d'échanges asynchrones. Nous avons identifié que l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) est une activité déterminante dans les démarches d'écoconception. C'est pourquoi nous allons nous intéresser aux besoins particuliers de celle-ci dans la partie suivante.

2. *Quels sont les besoins d'échanges asynchrones en ACV ?*

La conduite des Analyses de Cycle de vie nécessite des échanges entre de nombreux acteurs. Il peut s'agir d'échanges synchrones, par exemple entre la personne en charge de l'ACV et une autre possédant des données nécessaires à sa réalisation. Ces échanges peuvent aussi être espacés dans le temps. Nous pouvons évoquer le cas d'une personne qui souhaite comprendre les résultats d'une ACV qu'elle n'a pas réalisée, ou celui d'une personne qui cherche à modifier une ACV réalisée par une autre (Figure 49). Dans chacun des cas évoqués, il s'agit d'échanges asynchrones : ils vont permettre la construction de connaissances pour la compréhension ou la réalisation d'une ACV.

⁹⁶ Le chapitre 2 insistait aussi sur la difficulté de développement pratique d'objets intermédiaires : il s'agit avant tout d'un concept propre « aux chercheurs ». Il n'existe donc pas de « recette » pour les construire, il est cependant possible de les identifier quand ils existent et sont utilisés.

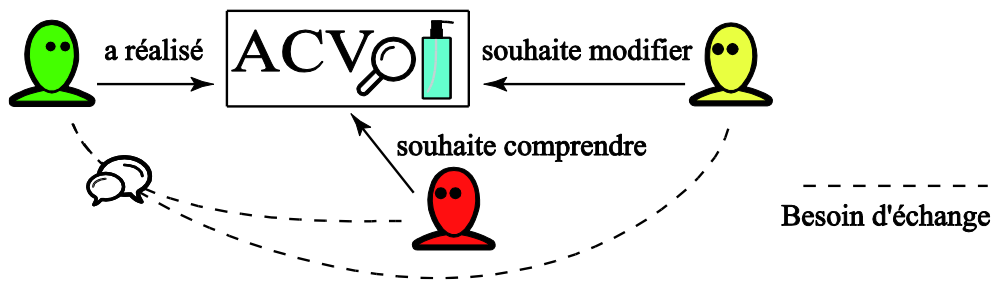


Figure 49. Besoin d'échanges en ACV

La réalisation d'une ACV impose d'effectuer de nombreux choix : définition des limites de l'étude, négligence de certaines données, utilisation de bases de données génériques, etc. La liste pourrait être longue, mais tous ces choix ont en commun qu'ils résultent de l'expertise du praticien⁹⁷ de l'ACV. Nous avons déjà vu au chapitre 2 que l'ACV, et l'écoconception de façon plus générale, s'appuient sur un savoir en cours de construction, à la fois mouvant et flou. Le raisonnement qui amène à effectuer des choix en ACV n'est donc pas facilement formalisable car hautement lié aux connaissances de ces experts. La situation est donc paradoxale car il est nécessaire d'échanger à propos de raisonnements qui sont difficilement partageables.

Force est de constater que les outils utilisés pour réaliser des ACV n'offrent que peu de fonctionnalités d'échange. Le fichier résultant d'une ACV contient principalement les données brutes utilisées. Il est par exemple possible de retrouver la masse, ou encore le type de bois modélisé, dans le logiciel d'ACV. Mais il n'est souvent pas possible de connaître les questions qui se sont posées lors de ces choix, et surtout les raisons qui ont amené à les réaliser. Si certains logiciels permettent à l'analyste de préciser quelques-uns de ses choix par l'ajout de commentaires libres⁹⁸, il s'agit uniquement des choix finaux, c'est-à-dire faisant abstraction des possibilités évoquées mais non retenues.

Or il existe un besoin de garder une trace des raisonnements amenant aux choix en ACV. Il est utile de connaître quelles étaient les possibilités et pourquoi certains choix ont été effectués. Ceci faciliterait la compréhension des résultats d'une ACV et permettrait également de mettre à jour facilement une étude déjà réalisée, si des changements ont eu lieu sur le produit ou le contexte (normes, fournisseurs...).

Ce besoin de comprendre le *pourquoi* autant que le *quoi* avait déjà été mis en avant en conception et était responsable du développement du Design Rationnel⁹⁹. Dans ce cadre, des outils graphiques sont utilisés pour retracer les raisonnements mis en œuvre dans des démarches de conception. Un des plus simple est le langage IBIS (Issue-Based Information System) que nous allons détailler dans la partie suivante.

3. Intérêt du formalisme Issue-Based Information System (IBIS)

IBIS est un formalisme graphique pour représenter les questionnements amenant à une ou des solutions de conception [Kunz and Rittel 1970]. Il permet, entre autres, de capitaliser les raisons qui ont amené à des décisions de conception. Cassier le décrit dans sa thèse comme ayant

⁹⁷ Ou du suivi de règles ou guidelines mais nécessairement construites selon une telle expertise.

⁹⁸ Par exemple, le logiciel Bilan Produit de l'ADEME permet de rajouter des commentaires.

⁹⁹ Voir chapitre 2

« vocation à tracer le processus argumentatif qui se déroule autour des choix de conception [...] en proposant une modélisation du processus en arborescence » p66 [Cassier 2010]. Il est centré sur les *problèmes*, c'est-à-dire les questions, comme par exemple : *quel matériau choisir pour réaliser un flacon ?* Avec une arborescence, il permet ensuite d'organiser les *solutions* ou idées à ce problème : *verre, plastique etc...* Ces *solutions* vont être étayées, ou critiquées, par des *arguments* positifs ou négatifs. Un exemple d'utilisation réalisé avec le logiciel designVUE¹⁰⁰ est donné Figure 50.

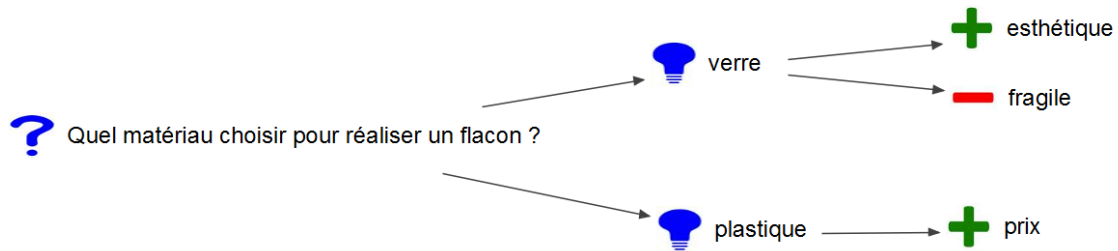


Figure 50. Exemple d'utilisation du formalisme IBIS

Le formalisme IBIS a été décliné en plusieurs variantes, celle proposée par le logiciel designVUE permet de nuancer ou préciser davantage les raisonnements. Il est ainsi possible de donner un statut à chacun des éléments précédents. Par exemple, une *solution* peut être *acceptée, rejetée, probable* ou *peu probable*. Avec ce formalisme nous disposons donc de 15 symboles différents (Tableau 34).

Elements IBIS	Statuts			
	<i>Résolu</i>	<i>Insoluble</i>	<i>Rejeté</i>	
Problème				
Solution	<i>Acceptée</i>	<i>Rejetée</i>	<i>Probable</i>	<i>Peu probable</i>
Argument pour	<i>Dominant</i>		<i>Défaillant</i>	
Argument contre	<i>Dominant</i>		<i>Défaillant</i>	

Tableau 34. Récapitulatif des éléments IBIS utilisés par le logiciel designVUE

IBIS offre de nombreuses fonctionnalités, sa forme graphique permettant de construire facilement des représentations aisément compréhensibles. L'exemple donné Figure 50 montre que pour répondre à la question initiale, deux alternatives ont été envisagées, et aucune n'a été retenue ni rejetée pour le moment. Ce formalisme oblige également à argumenter les choix et surtout les expliciter. Il est alors possible d'identifier si des arguments peuvent évoluer : une solution non retenue dans un premier temps pouvant le devenir par la suite.

¹⁰⁰ design Visual Understanding Environment (vue.tufts.edu/about/)

Néanmoins, IBIS n'est pas exempt de tout reproche. Etant donné qu'il est dédié aux cas de conception, il doit formaliser des raisonnements faisant intervenir de nombreux acteurs. Il est déjà difficile d'envisager une construction individuelle en *direct*, l'acteur étant principalement focalisé sur ses tâches de conception, alors imaginer une construction collective l'est d'autant plus. Cependant, il est possible de construire cette formalisation de raisonnement a posteriori de l'activité de conception, par exemple, par l'intermédiaire d'une personne dédiée. En plus de l'épineux choix de cette personne, réussir à comprendre le raisonnement et toutes ses nuances (exemples : *quelle est la question exacte qui était posée ? Est-ce que cet argument était vraiment dominant ? ...*), peut s'avérer extrêmement chronophage voir inextricable. Enfin, la conception d'un produit peut être fortement complexe et donc engendrer de très nombreux raisonnements. Leur formalisation, en plus d'être fastidieuse à construire, peut être longue à appréhender notamment pour une personne extérieure à ce cas de conception.

Nous venons de voir que la compréhension et la réalisation d'Analyse de Cycle de Vie imposent des besoins d'échanges asynchrones entre ses acteurs. Ce type d'échanges permet la construction de connaissances et donc l'amélioration des analyses. Nous avons réussi à préciser que ce besoin d'échange se traduit principalement par un besoin de retranscription des raisonnements amenant aux choix en ACV. L'étude du langage IBIS a permis de nous rendre compte de l'intérêt de ce formalisme mais aussi d'appréhender quelques-unes de ses limites.

Ainsi, nous proposons de développer un formalisme graphique pour créer des notices explicatives en ACV. Ces notices doivent expliquer les choix effectués lors d'une ACV en retranscrivant les raisonnements qui les ont amenés. Le formalisme à développer doit pouvoir être mis en place facilement tout en s'intégrant pleinement au processus de conception.

B. La K²alligraphie un formalisme pour la création de notices explicatives d'ACV

Pour combler ce besoin d'échanges asynchrones en ACV, nous avons développé la K²alligraphie : un formalisme qui permet la création de notices explicatives. Bien que majoritairement inspiré du langage IBIS, nous l'avons adapté pour le rendre pleinement opérationnel et intégrable aux démarches d'écoconception.

1. Objectifs et principes de la K²alligraphie

La K²alligraphie est un formalisme graphique qui vise à partager les connaissances en ACV. Il offre un moyen de réaliser des documents qui se présentent comme des notices. Cette notice facilite la compréhension des choix effectués dans l'ACV mais surtout, elle offre un moyen de formaliser les raisonnements qui les ont amenés. Elle est organisée en grande partie selon la structure du logiciel utilisé pour réaliser l'ACV. Elle se veut être un complément au fichier source de l'ACV. Elle est construite par la même personne qui réalise l'ACV, et que nous appellerons par la suite *l'analyste*.

Tout comme le langage IBIS, la K²alligraphie organise les raisonnements autour de questions, propositions et arguments. Cependant, nous n'utilisons qu'une partie des nombreux symboles IBIS. Ces symboles sont suffisants pour formaliser les raisonnements en ACV et nous simplifions la retranscription. L'élément central est la *question* c'est-à-dire la formalisation précise du questionnement qui s'est posé à *l'analyste* : *quel module du logiciel utiliser pour modéliser cette étape du cycle de vie ? etc...* Des *propositions* viennent ensuite répondre, ou du moins proposer des alternatives de réponses à ces *questions*. Il est possible de préciser les propositions qui ont été finalement rejetées ou choisies. *L'analyste* doit formaliser l'ensemble des réponses qui ont été évoquées même celles non retenues. Ces propositions sont appuyées,

ou attaquées, par des *arguments* qui doivent être également indiqués. Un aspect majeur de la K²alligraphie est de veiller à préciser le nom des personnes ou des services responsables des différents arguments. Ceci de manière à pouvoir, par exemple, les questionner directement. Les symboles utilisés par la K²alligraphie sont donnés dans le Tableau 35.








Symboles	Descriptions	Exemples
	Question	<i>Quel matériau choisir dans le logiciel d'ACV ? Quelle valeur indiquer dans cette case ?</i>
	Proposition de réponse, hypothèse possible, idée de résolution	<i>Utiliser un acier standard générique</i>
	Argument qui soutient une proposition	<i>Ce matériau est le plus proche de la réalité à être présent dans la base de données du logiciel</i>
	Argument qui s'oppose à une proposition	<i>Il ne s'agit pas du matériau réel</i>
	Proposition, hypothèse ou idée acceptée (s'il en existait plusieurs)	
	Proposition, hypothèse ou idée rejetée	
	Nom de la personne responsable d'un argument	

Tableau 35. Symboles utilisés par la K²alligraphie

2. Construction d'une notice par la K²alligraphie

Nous allons présenter deux procédures possibles pour la construction d'une notice par la K²alligraphie : la procédure séquentielle et la procédure parallèle.

En procédure séquentielle, la construction de la notice fait suite à la réalisation de l'ACV. Il s'agit pour *l'analyste* d'expliquer les choix qu'il a effectués, en indiquant les possibilités dont il disposait ainsi que les arguments qui les soutenaient ou les critiquaient. Il est pleinement envisageable de faciliter cette procédure en construisant une ébauche de notice à partir des données brutes de l'ACV. Le logiciel EIME permet par exemple d'exporter un rapport qui contient toutes les informations contenues dans l'étude ACV réalisée : nom des composants modélisés, des matériaux choisis etc.

La procédure parallèle revient à construire la notice en même temps que la réalisation de l'ACV. A chaque fois que *l'analyste* effectue un choix dans le logiciel d'ACV, il doit indiquer dans la notice les raisons qui l'ont poussé à le faire. Les possibilités d'automatisation, sans modifier les fonctionnalités du logiciel, sont plus faibles. Néanmoins, il est possible de disposer en amont d'une structure de notice en accord avec le logiciel (organisation par phase du cycle de vie, etc.).

3. Une forte intégration possible aux démarches d'écoconception

La K²alligraphie apporte une réponse aux besoins propres aux ACV mais son intérêt réside également dans sa capacité à s'intégrer aux démarches d'écoconception.

Nous venons de l'évoquer, la construction de notices par la K²alligraphie peut être facilitée par des fonctionnalités du logiciel d'ACV utilisé. La structure des notices étant par exemple générée automatiquement. Mais il est tout à fait possible d'intégrer intégralement la K²alligraphie au

logiciel. Ceci dans le but d'améliorer à la fois la construction et la consultation de notices. Il est possible d'imaginer que la définition d'un élément¹⁰¹ déclenche la formalisation du raisonnement qui l'a entraîné et ce dans la même interface. Cette intégration de fonctionnalité de la K²alligraphie peut également faciliter la consultation de ces raisonnements. Nous pouvons concevoir qu'à partir du fichier source ACV, le lecteur puisse visualiser les raisonnements décrits par la K²alligraphie en survolant les éléments qui l'intéressent. L'intégration de la K²alligraphie au logiciel peut donc éviter l'utilisation d'un second document contenant les notices du fichier d'ACV. Les difficultés d'ajout de ces fonctionnalités étant, certes à l'heure actuelle, des verrous mais uniquement d'ordre technique.

Pour améliorer l'intégration de la K²alligraphie aux démarches d'écoconception, il est également possible de réduire son utilisation aux raisonnements strictement nécessaires. Selon les contextes industriels, il ne sera pas systématiquement essentiel de formaliser l'intégralité des raisonnements amenant aux choix effectués lors de l'ACV. Certaines phases du cycle de vie pouvant, par exemple, être omises si elles ne présentent pas de difficulté de modélisation. Le choix des éléments non pris en compte peut être effectué par des acteurs humains ou automatiques. En effet, pour identifier les raisonnements nécessaires à formaliser, il est envisageable de relever les éléments les plus consultés d'une notice existante.

La K²alligraphie offre également des moyens pour améliorer la traçabilité des données utilisées par une ACV : il est possible de typer les *arguments* utilisés dans les raisonnements. L'utilisation de balises visuelles permet de les différencier selon des catégories non exclusives. Nous pouvons préciser qu'un *argument* est lié à un document de référence. Ainsi, si ce document vient à être modifié, nous pouvons retrouver tous les arguments qui lui étaient liés. Lorsqu'un *argument* a été émis par un acteur, nous le caractérisons selon la nature de cet acteur : interne, expert ou fournisseur. Un acteur interne peut être une personne ou un service de l'entreprise. Un expert est une personne ou un organisme reconnu pour ses compétences environnementales et qui peut être interne ou externe. Ceci permet d'évaluer la maturité de l'argument selon l'acteur qui l'a proposé. La dernière catégorie permet de retrouver l'ensemble des données et arguments liés à un fournisseur, ce qui peut s'avérer utile lorsque que celui-ci vient à changer. Nous prenons également en compte les arguments liés à des produits de l'entreprise. Nous avons en effet remarqué que certains choix d'ACV étaient liés à des versions antérieures du produit analysé, voir à d'autres produits. Enfin, de nombreux choix sont guidés par les possibilités ou contraintes du logiciel, ou de la base de données utilisée pour réaliser l'ACV. C'est pourquoi il est utile de les regrouper dans une catégorie dédiée. La liste proposée dans le Tableau 36 présente une typologie non exclusive d'arguments utilisables par la K²alligraphie. Cette liste pouvant être enrichie selon les contextes d'utilisation.

Type d'argument	Description et exemples
Acteur interne	L'argument est lié à un acteur interne : <i>Emma (responsable QSE), service marketing, usine...</i>
Expert	L'argument est lié à un expert c'est-à-dire un acteur reconnu pour ses compétences environnementales.
Fournisseur	L'argument est lié à un fournisseur de l'entreprise.
Produit	L'argument est lié à un produit ou une version d'un produit de l'entreprise
Logiciel	L'argument est lié au logiciel utilisé pour l'ACV.
Document de référence	Il s'agit d'un document contraignant : <i>normes externes, réglementation, procédures internes...</i>

Tableau 36. Typologie d'arguments utilisée par la K²alligraphie

¹⁰¹ Choix d'un matériau, d'un procédé, définition d'une quantité etc.

C. La K²alligraphie en pratique d'après des données d'Aubrilam

Après avoir décrit la K²alligraphie dans la partie précédente, nous allons présenter sa mise en pratique selon un cas industriel. Cette illustration va permettre de mieux percevoir son potentiel d'utilisation.

1. L'ACV d'un produit d'Aubrilam

Nous avons une nouvelle fois utilisé le terrain industriel d'Aubrilam pour illustrer l'utilisation de la K²alligraphie. La collaboration avec cette entreprise visait à implémenter une méthodologie d'écoconception à travers la conception d'un banc d'extérieur. C'est pourquoi une ACV a été menée pour évaluer une première version de la conception de ce banc (Figure 51). Cette analyse a été réalisée principalement par un ingénieur et la responsable QSE d'Aubrilam. Nous avons aussi assisté ces deux acteurs lors de cette étude. L'ACV a été réalisée avec le logiciel déjà présent chez Aubrilam, à savoir EIME¹⁰².



Figure 51. Banc d'extérieur étudié

La construction de la notice, associée à l'ACV du banc, a pris part dans ce contexte particulier de collaboration. C'est pourquoi nous nous intéressons principalement au résultat plus qu'à la manière de l'obtenir.

2. Construction de la notice de l'ACV du banc d'extérieur d'Aubrilam

La structure de la notice est identique à celle suivie par EIME, elle se décompose selon les différents onglets et rubriques de ce logiciel. Lorsque la notice reprend les dénominations du logiciel, elles sont indiquées entre guillemets. Elle a été réalisée avec le logiciel designVUE¹⁰³ et exportée sous un format html pour permettre une navigation dynamique notamment par onglets.

¹⁰² développé par Bureau Veritas CODDE (codde.fr/eime/).

¹⁰³ design Visual Understanding Environment (vue.tufts.edu/about/)

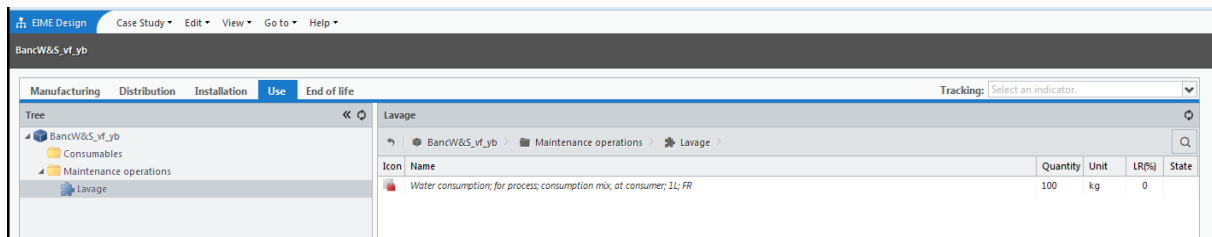


Figure 52. Capture d'écran du logiciel EIME

Le fichier EIME de l'étude ACV du banc nous permet de disposer de l'intégralité des données utilisées. Nous avons aussi obtenu la documentation technique sur le banc, principalement des dessins techniques et des détails sur les procédés de fabrication. Lors des réunions concernant l'écoconception du banc, il a donc été question de la réalisation de son ACV. Nous avons pu observer et retranscrire les échanges lors de ces réunions. Cette immersion nous a permis aussi de questionner les acteurs au sujet des raisons de certains choix ainsi que les sources ou méthodes de calcul de certaines données. De plus, des échanges par courriel ont permis de préciser certaines informations manquantes.

3. Détails de la notice explicative de l'ACV du banc d'extérieur d'Aubrilam

La notice intégrale de l'ACV du banc d'extérieur d'Aubrilam est donnée en Annexe 3. Nous en présentons ici deux extraits afin d'illustrer l'utilisation de la K²alligraphie (Figure 53 et Figure 54).

La modélisation de la phase d'utilisation s'est limitée à la prise en compte du lavage du banc par un nettoyeur haute pression. La responsable QSE d'Aubrilam a émis l'hypothèse que les activités de maintenance étaient négligeables. L'exemple présenté Figure 53 permet d'expliquer les choix qui ont été effectués pour remplir l'onglet « utilisation » sous EIME. Cette phase de vie a été traduite par une activité de nettoyage par un appareil à haute pression. Nous notons que la prise en compte du vandalisme, et donc de l'éventuel remplacement ou réparation de certaines pièces, a été évoquée mais non retenue. La modélisation du nettoyage du banc a été décomposée en deux modules EIME : « Consumables » et « Maintenance operations ». Le premier ne contient aucune valeur car il s'agit d'un élément par défaut et que « *Expert* » a expliqué qu'il n'était pas pertinent dans le cas présent. Le second module est composé de la seule opération de lavage. Cette dernière étant modélisée par une consommation d'eau de 100kg¹⁰⁴. Cette quantité a été calculée selon des hypothèses de « *Expert* ». Nous pouvons aussi noter que la prise en compte de la consommation électrique du lavage a été évoquée mais non retenue car jugée négligeable par « *QSE* », qui dans ce cas fait référence au responsable du service QSE.

¹⁰⁴ Le choix d'une unité massique est lié au logiciel EIME.

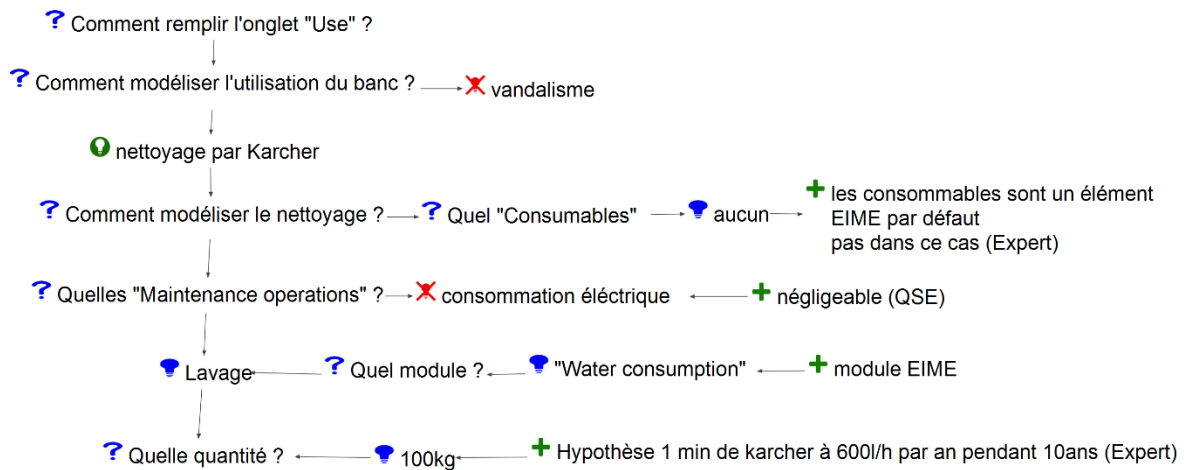


Figure 53. Extrait de la notice explicative pour la phase "utilisation"

Pour modéliser la phase « production » des pieds en acier, nous constatons que le choix du module matériaux est guidé par deux arguments : il s'agit du seul module EIME lié à un acier laminé à froid et ce choix avait déjà été effectué sur la gamme *UU*, une précédente gamme de banc (Figure 54). Cet exemple illustre les limites qu'imposent souvent le logiciel d'ACV utilisé. Mais la K²alligraphie permet de les préciser pour les questionner *a posteriori*, les mises à jour des bases de données ou des logiciels pouvant faire évoluer certaines contraintes. Cet extrait permet aussi d'indiquer comment certaines valeurs ont été obtenues. La longueur de soudage a été calculée sur un modèleur CAO par « l'ingénieur » alors que la surface de peinture est indiquée directement sur le plan de la pièce.

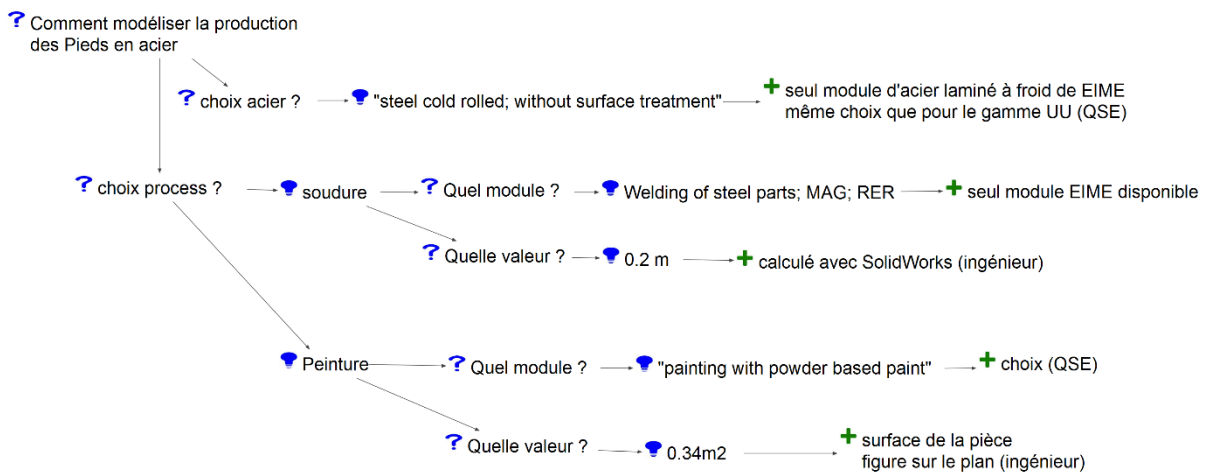


Figure 54. Extrait de la notice explicative pour la phase "production" des structures bois

II. Mise à l'épreuve du formalisme K²alligraphie lors d'une étude empirique en milieu académique

Nous venons de présenter la K²alligraphie, un formalisme pour construire des notices explicatives d'Analyse de Cycle de Vie. Nous avons aussi illustré comment il pouvait être utilisé à partir de données industrielles. A présent, nous souhaitons montrer l'utilité de cet outil au travers d'une étude empirique en milieu académique, décrite dans la partie suivante.

A. Description de l'étude empirique

1. Objectifs de l'étude empirique

Cette étude vise à mettre en place une situation collaborative autour de l'écoconception d'un produit. Nous souhaitons évaluer l'intégration opérationnelle de la K²alligraphie au sein de cette démarche selon plusieurs questionnements :

- l'utilisation d'une notice construite par la K²alligraphie peut-elle compléter celle des documents déjà utilisés ?
- comment les notices sont-elles utilisées ? Servent-elles, par exemple, de support de discussion voir de collaboration aux différents acteurs impliqués ?

2. Description de l'étude empirique

L'étude s'est déroulée pendant une séance de TD. Les 26 étudiants de 2nd année d'école d'ingénieur en Génie Industriel ont suivi le même cursus d'écoconception. Notre étude leur a été présentée comme une activité pédagogique d'analyse de cas industriel. Une synthèse de cette présentation est donnée en Annexe 3. Nous leurs avons demandé de comparer plusieurs stratégies d'écoconception d'un même produit. Ce produit, un banc d'extérieur (Figure 51), est basé sur des données issues du cas réel d'Aubrillam. Les pistes étaient imposées et les étudiants disposaient des résultats ainsi que de la modélisation de l'ACV du produit initial. Ils étaient divisés en 9 groupes et devaient comparer 2 pistes d'écoconception. Chaque groupe avait à sa disposition 2 ordinateurs. Ils devaient produire un compte-rendu de ce travail avec l'éventualité que celui-ci soit évalué.

Afin de masquer le véritable objectif de la séance, nous avons évoqué un objectif fictif. Nous avons prétendu que cette activité avait déjà été réalisée en milieu industriel. L'objectif était de comparer les méthodes et résultats d'écoconception entre une population étudiante homogène et la situation réelle. Ceci nous a permis de justifier la présence d'observateurs parmi les groupes d'étudiants, ainsi que certaines contraintes. Ils devaient par exemple utiliser un seul ordinateur pour la rédaction du compte-rendu, l'autre étant dédié au logiciel d'ACV.

Nous avons utilisé, une nouvelle fois, l'entreprise fictive *Supercolor* et comme produit étudié, un banc d'extérieur intitulé le *Boiston*. Ses données techniques ont été adaptées de données réelles d'Aubrillam. L'ACV du *Boiston* a été réalisée avec Bilan Produit. Ce logiciel a été choisi car il est assez facile d'utilisation, suffisant pour les besoins de notre étude, mais aussi parce que les étudiants l'avaient déjà utilisé. La notice explicative de cette ACV a été construite à partir de nos observations réalisées chez Aubrillam.

3. Déroulé et documents disponibles

La séance s'est décomposée en plusieurs phases (Figure 55) pour une durée totale de 2h45. Après l'énoncé des consignes durant 15 minutes, les groupes se sont répartis de façon égale dans deux salles. L'activité a duré, selon les groupes, une centaine de minutes. Puis après une pause, les étudiants ont rempli une enquête de façon individuelle (25min). Celle-ci portait sur l'utilisation de la notice explicative de l'ACV. Enfin, un débriefing a été réalisé pour lier cette activité au cours et aussi donner des perspectives sur les travaux d'écoconception en industrie.

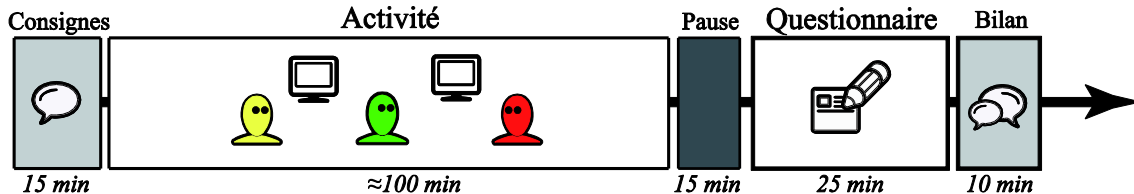


Figure 55. Déroulement de la séance

Les étudiants disposaient de plusieurs ressources. Dans chacune des salles, une personne était identifiée comme étant capable de répondre à leurs questions. Ils avaient bien sûr à disposition le fichier Bilan Produit de l'étude ACV initiale. Les ressources documentaires, détaillées en Annexe 3, étaient composées d'une description de *Supercolor* et d'une présentation succincte de ses procédés de fabrication, du dossier technique du *Boiston* et d'une notice explicative de l'ACV réalisée en K²alligraphie. Elle a été imprimée sur du papier jaune pour permettre aux observateurs de l'identifier facilement parmi les autres documents manipulés par les étudiants. Il est à noter que le dossier technique et la notice explicative comportaient des informations redondantes. Il était donc possible de réaliser l'activité avec l'un ou l'autre.

4. Observations réalisées

Une grille d'observation a été construite afin de suivre l'utilisation temporelle des outils à disposition des étudiants. Les observateurs se sont concentrés sur 3 utilisations : celle du dossier technique [Tech], de la notice explicative ACV [Doc] et du logiciel Bilan Produit [BP]. Elles ont été observées selon les 4 critères correspondant aux types d'activité menées. Ces critères sont décrits dans le Tableau 37. Par intervalle de temps, les observateurs ont indiqué : le nombre d'occurrences de ces activités, le critère, et l'étudiant qui en est responsable. De façon complémentaire, les observateurs se sont attardés sur la réalisation du compte-rendu selon le nombre d'occurrences de cette activité et l'étudiant qui la réalisait. Et enfin, chaque observateur avait la possibilité de consigner tout verbatim qu'il jugeait pertinent pour l'analyse.

C1 Analyser	<i>Les étudiants cherchent à comprendre des choses, ils cherchent à s'approprier un document. C'est au cours de cette phase qu'ils passent le plus de temps à lire qu'à discuter.</i>
C2 Argumenter	<i>Les étudiants expriment des opinions, ils s'expliquent des choses, etc. Ils peuvent utiliser des documents pour cela. Il s'agit d'une phase d'échange d'idées.</i>
C3 Obtenir une information précise	<i>Les étudiants cherchent une information précise : exemple « C'est quoi la masse de cet élément ? ». Ils peuvent ne pas la trouver, on s'intéresse simplement à l'activité de recherche.</i>
C4 Enrichir	<i>Les étudiants modifient un document pour l'enrichir d'informations ou mettre en évidence une information : « Ils écrivent dessus ». Il est possible que cette action soit effectuée avec un double objectif (exemple : chercher une information C3). Il faut alors la comptabiliser dans les 2 critères.</i>

Tableau 37. Description des critères d'observation utilisés

Une ligne de temps graduée avec un pas principal de 5 minutes a été utilisée. Cependant, la possibilité a été laissée à l'observateur d'utiliser un intervalle secondaire plus fin (de 2,5 minutes) si l'activité observée le nécessite. Le suivi temporel est facilité par la projection d'une horloge¹⁰⁵ sur un écran de la salle. Les observateurs pouvaient visualiser le pas de temps en cours selon un formalisme identique à celui de leurs grilles.

Une séance « *d'étalonnage* » a été réalisée (Figure 56). Pour cela nous avons réuni 3 doctorants pour qu'ils réalisent, dans les mêmes conditions, l'activité décrite précédemment. Les 15 premières minutes ont été observées puis les observateurs ont comparé leurs grilles. Une deuxième observation a été réalisée pour vérifier la concordance des résultats. Cette répétition a permis aux observateurs de s'accorder sur leurs façons d'observer. Par la suite 3 groupes de 3 étudiants ont été observés par 2 observateurs (Figure 57). Une fois les étudiants installés, le choix des groupes observés a été dicté par des contraintes spatiales.



Figure 56. Séance d'étalonnage

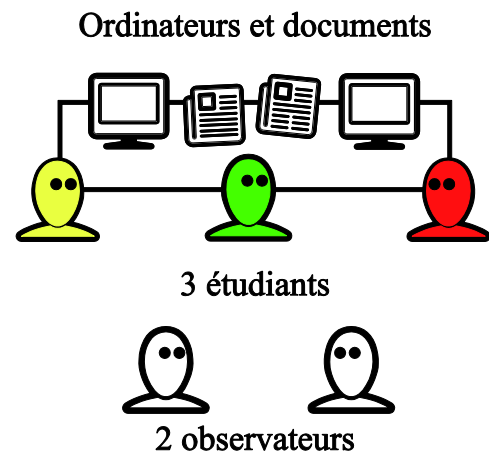


Figure 57. Schéma d'observation d'un groupe

Nous disposons des comptes-rendus finaux produits par les 9 groupes ainsi que les 26 réponses individuelles du questionnaire post-activité. Le récapitulatif des données observées et collectées est donné Figure 57.

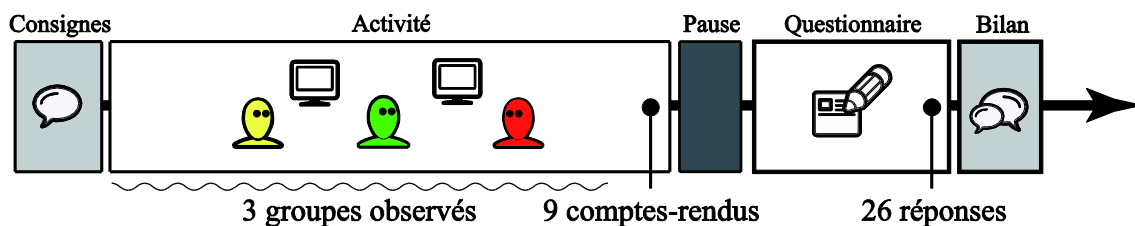


Figure 58. Données observées et collectées

¹⁰⁵ Ce chronomètre a été développé par un doctorant du laboratoire.

B. Résultats de la séance observée

1. Traitement des données

Les observateurs de chaque groupe se sont réunis après l'activité. Ils ont ainsi harmonisé leurs grilles d'observation. Les grilles des observateurs ont été retranscrites informatiquement puis traitées avec tableur informatique. Néanmoins, une réunion post-activité a permis de soulever quelques difficultés que nous avons prises en compte lors du traitement des données.

Concernant le nombre d'occurrences d'une activité donnée, il était souvent difficile de discriminer une action longue de plusieurs activités du même type, plus courtes, mais réalisées en séquence. Les observateurs avaient la certitude que l'action s'était bien déroulée, mais estimaient être imprécis dans l'évaluation du nombre de fois où cela s'est produit. C'est pourquoi nous avons ramené les occurrences à un état binaire : 1 si elle a eu lieu au moins une fois et 0 dans le cas contraire.

Une implication minimum des étudiants était nécessaire à la bonne réalisation de cette étude. Ainsi, compte tenu des observations réalisées et de l'étude des comptes-rendus, un groupe a été exclu des résultats traités. De la même façon, les réponses au questionnaire d'un étudiant qui expliquait ne pas avoir utilisé le document étudié, ont été ignorées.

2. Résultats de l'activité dans sa globalité

L'étude des comptes-rendus de l'ensemble des groupes montre que les étudiants ont été sérieux lors de l'activité. Sans être particulièrement brillants, ils ont réalisé les activités demandées sans pour autant chercher à les dépasser. Nous avons même constaté que certains contenus, notamment à propos des propositions d'écoconception pour le banc, était particulièrement pertinents. La mise en situation et l'utilisation de données réelles semblent avoir été appréciées par les étudiants. Néanmoins, nous avons quelque peu surestimé leur maîtrise du logiciel Bilan Produit. Les questions « techniques » ont été fréquentes et ont ralenti leurs travaux. Les réponses au questionnaire post activité montrent que cette activité n'a pas été « bâclée ». Nous avons constaté que l'objectif réel de la séance n'avait pas été deviné par les étudiants (voir les réponses à la question n°0 en Annexe 3). Ils n'ont pas forcément adhéré à la version présentée en début de séance, à savoir « *comparer les pistes d'écoconception entre des industriels et des étudiants* ». Certains ont estimé que l'on souhaitait plutôt évaluer l'utilisation de Bilan produit. Mais aucune des réponses ne faisait référence à la notice explicative de l'ACV.

Les comptes-rendus des 2 groupes observés sont d'un niveau équivalent à celui de l'ensemble des étudiants. De la même façon, nous notons que leurs réponses au questionnaire post activité ne sont pas aberrantes vis-à-vis des réponses des autres étudiants. Cela nous permet de faire l'hypothèse que le comportement des groupes observés est représentatif de celui de l'ensemble.

Nous remarquons tout d'abord que tous les membres d'un groupe ont eu une activité pendant l'intégralité de la séance. Il n'y a pas eu de « passager clandestin », ni de répartition temporelle des tâches entre eux. La répartition des tâches a été thématique : une personne en charge du compte-rendu et une autre pour utiliser Bilan Produit. Pour rappel, les actions observées étaient la rédaction du compte-rendu, la modification du fichier ACV ainsi que les consultations de la notice explicative de l'ACV, du dossier technique ou des informations contenues dans le fichier Bilan Produit. Leurs évolutions temporelles au sein des groupes, voir Annexe 3, sont comparées en Tableau 38. Ce tableau met en avant que l'ensemble des actions possibles s'est bien déroulé mais pas au même moment. Le groupe 1 a commencé par consulter les documents puis a

modifié le fichier ACV, et enfin a rédigé le compte-rendu. Alors que le groupe 2, quant à lui, a mené la consultation des documents et la rédaction du compte-rendu en parallèle.

Actions	0-25 min	25-50 min	50-75 min	75-100min
Compte rendu			Groupe 1	
	Groupe 2			Groupe 2
Modification ACV		Groupe 1		
		Groupe 2		
[Bilan Produit]	Groupe 1			
	Groupe 2			
[Dossier technique]	Groupe 1			
	Groupe 2			
[Notice ACV]	Groupe 1			
	Groupe 2			

Tableau 38. Comparaison de l'évolution des actions entre le groupe 1 et 2

Les documents imprimés n'ont pas circulé de la même manière, ceci peut s'expliquer par les différentes répartitions des tâches au sein des groupes. Les étudiants du Groupe 2 s'en sont répartis la lecture, si bien que chacun n'en a lu qu'un. Alors que dans le groupe 1, les documents ont circulé entre les étudiants. Etudions à présent l'évolution des critères : les observateurs ont caractérisé chaque activité par son type. L'intégralité des résultats est donnée en Annexe 3, une synthèse est présentée en Tableau 39. Nous notons que les étudiants n'ont quasiment¹⁰⁶ jamais enrichi (critère C4) ou annoté les documents à leur disposition. Ensuite, le pas temporel étant trop faible, il est impossible de savoir si une action avec un registre argumentatif est la conséquence d'une action analytique et précèdera une recherche d'information. Il est donc difficile d'identifier des motifs ou des répétitions dans les séquences d'actions réalisées.

Critères	0-25 min	25-50 min	50-75 min	75-100min
C3 information		Groupe 1		
		Groupe 2		
C2 argumenter	Groupe 1			
	Groupe 2			Groupe 2
C1 analyser	Groupe 1			
	Groupe 2		Groupe 2	

Tableau 39. Comparaison de l'évolution des critères entre le groupe 1 et 2

3. Résultats locaux : utilisation des documents

Le Tableau 40 permet de comparer l'utilisation de la notice explicative de l'ACV [Doc] et du dossier technique [Tech] par les 2 groupes. Le groupe 1 a commencé par se servir des 2 documents puis uniquement du [Doc]. Alors que le groupe 2 s'est servi des 2 documents pendant la première moitié de l'activité. Il est étonnant de remarquer que peu d'actions étaient dans le registre *recherche d'informations précises* (C3). Néanmoins, les observateurs ont soulevé la difficulté à différencier précisément ce registre de celui de l'analyse (C1). Il leur était compliqué de différencier si un étudiant consultait un document pour le comprendre ou pour y chercher une information précise.

¹⁰⁶ Une seule occurrence a été observée.

Documents	Critères	0-25 min	25-50 min	50-75 min	75-100min
[Tech]	C3				
			Groupe 2		
	C2		Groupe 1		
		Groupe 2			
	C1	Groupe 1			
Groupe 2					
[Doc]	C3			Groupe 1	
			Groupe 2		
	C2		Groupe 1		
			Groupe 2		
	C1	Groupe 1			
Groupe 2					

Tableau 40. Comparaison de l'utilisation de [Tech] et [Doc] par les groupes 1 et 2

L'analyse du questionnaire permet d'évaluer comment l'ensemble des étudiants a utilisé la notice explicative de l'ACV. Ils estiment à 6.7 sur 10 sa facilité¹⁰⁷ d'utilisation. La difficulté principale est de comprendre et de mémoriser la signification des symboles utilisés. Mais cette étape passée, la lecture est, selon eux, « assez claire ». Ils sont 60% à estimer avoir été *fortement* capable de comprendre l'ACV du banc étudié. Ils nuancent leurs réponses par 2 points : leurs compréhension est globale et qualitative, ou limitée à certaines phases du cycle de vie. C'est sûrement pour ces raisons que la moitié des étudiants pensent que l'apport d'un tel document pour la réalisation de l'ACV d'un nouveau produit serait *non négligeable*, et que 14% d'entre eux le considèrent comme *efficace*. Nous avons aussi cherché à comparer différents documents disponibles pour réaliser une ACV : fichiers d'anciennes études au format du logiciel d'ACV, PEP'ecopassport (résultats de l'ACV), documents techniques (plans, nomenclature...), et la notice explicative réalisée en K²alligraphie. Les étudiants devaient préciser leur utilité selon différents scénarios de réalisation d'ACV. Les résultats sont difficiles à interpréter car les différences sont peu significatives et très variables. Néanmoins, nous notons que les étudiants estiment que tous les documents ont une utilité minimum de 6, sur une échelle allant de 0 (aucune) à 10 (indispensable). Nous remarquons également que le dossier technique et la notice explicative sont jugés avec la même utilité devant le fichier ACV (lui-même devant les résultats d'une ACV). Ceci à l'exception du scénario n°4, « *Je dois expliquer une ACV que j'ai réalisée* », où l'on constate que la notice est jugée plus utile que le dossier technique. D'une manière générale, les difficultés principales dans la réalisation d'une ACV sont, selon les étudiants, liées à la modélisation et l'inventaire des données. Il leur paraît difficile d'être complet tout en ayant *le bon niveau de détail*, c'est-à-dire utiliser des approximations pertinentes. Ils notent que la collecte des données est chronophage, et l'utilisation du logiciel est aussi problématique.

Concernant la notice explicative de l'ACV, les étudiants estiment donc qu'elle apporte une aide en concentrant les informations utiles sous une forme facilement lisible. Nous notons que bien qu'ils pensent nécessaire de disposer d'une grande quantité de données pour réaliser une ACV, ils souhaitent que la notice explicative n'en contiennent pas trop. Ils pensent être capables de réaliser ce type de document de façon autonome. Ils envisagent même des utilisations complémentaires à cette notice explicative comme outil de communication interne ou externe.

¹⁰⁷ Sur une échelle allant de 0 difficilement à 10 facilement.

C. Analyse et limites

1. *Quelques limites*

Pendant la séance, deux étudiants recherchaient une information et après s'être interrogés à propos du document où ils pourraient la trouver, l'un d'eux dit : « *On va demander, hein ? Ça sera plus simple...* » Ils ont ensuite appelé un enseignant en charge de la séance. Cet extrait du verbatim montre une partie des limites du format utilisé : les étudiants restent des étudiants. Cette étude dans un contexte industriel aurait permis d'éviter une partie de ces biais, et également de voir l'influence des contraintes liées au métier de chaque participant.

Les observateurs ont également fait part de leurs difficultés à distinguer les critères utilisés par la grille. Les étudiants ayant relativement peu communiqué entre eux, il était compliqué de déterminer précisément le registre de leurs actions. De plus, le pas temporel était faible pour différencier des actions courtes et multiples. En l'espace de 2 minutes et 30 secondes, il est possible à la fois d'analyser un document et d'y rechercher une information précise. Concernant le questionnaire, il faut reconnaître qu'il a recueilli l'avis des étudiants sur un document qu'ils venaient à peine de découvrir. N'étant pas anonyme, il est également possible qu'ils aient eu des craintes à émettre un jugement négatif dans leurs réponses.

2. *Un déroulement positif de l'activité*

Notre première analyse est que la séance s'est déroulée normalement. Les étudiants ont participé avec volonté et maturité sans remettre en cause le format de ces activités, ni les données utilisées. Le « *contrat didactique* » est un élément déterminant dans ce constat. Cela rend ce type d'étude extrêmement utile. Il est ainsi possible de mettre en place des activités précises, les étudiants assimilent rapidement les consignes et les respectent. Et ceci sans en voir le but réel. Le pendant logique de cette première analyse est que les étudiants sont scolaires. C'est-à-dire qu'ils souhaitent réaliser l'exercice de façon efficace pour espérer avoir la moyenne. L'investissement dans leur travail est conditionné par le gain potentiel de son évaluation. Dans notre cas, cela s'est traduit par une répartition particulière des rôles au sein du groupe pour réaliser le travail. Ainsi un étudiant peut se retrouver uniquement à rédiger le compte-rendu et ne jamais participer aux réflexions. Cela étant dit, les étudiants ont utilisé l'intégralité des documents à leur disposition. Ils ont surtout proposé des solutions d'écoconception pertinentes.

3. *Une notice explicative utile*

En nous appuyant sur le faible nombre de questions pendant la séance, nous estimons que la notice a considérablement accéléré la réalisation des ACV. La notice explicative était présentée comme un document ressources parmi d'autres. Les étudiants ne connaissaient pas son formalisme avant la séance. Cependant, nous avons constaté qu'elle a été utilisée au moins autant que les autres documents. Nous observons, au travers des réponses des étudiants au questionnaire, qu'ils voient un intérêt à l'utilisation de ce type de notice. Le formalisme graphique a été apprécié.

III. Conclusions

A. Un formalisme utile

Nous avons identifié que de nombreux échanges asynchrones pouvaient s'avérer utiles en Analyse de Cycle de Vie. Ce besoin d'échanges a été mis en relation avec la difficulté d'explicitier les raisonnements lors de la réalisation de ces études.

Pour pallier a cela, nous proposons la K²alligraphie, un formalisme pour la création de notices explicatives d'ACV. L'atout de notre proposition est d'utiliser des symboles graphiques simples selon une procédure pouvant s'intégrer pleinement au sein des démarches d'écoconception. Nous avons illustré la mise en pratique de la K²alligraphie en utilisant le contexte industriel d'Aubrilam. Ceci a permis de montrer son potentiel pour la formalisation de raisonnement au sujet d'une étude concrète.

Pour être capable d'évaluer son intégration opérationnelle, nous avons réalisé une étude empirique en milieu académique. Lors de cette séance, les étudiants devaient proposer des solutions d'écoconception à un produit. Nous avons observé l'utilisation qu'ils ont fait des notices réalisées en K²alligraphie. Que ce soit pour analyser, argumenter ou obtenir des informations précises, une certitude existe dans l'utilisation concrète des notices par les étudiants. Le formalisme proposé a été immédiatement accepté et utilisé par les étudiants dans la conduite de leurs activités.

La K²alligraphie est donc un outil utile pour formaliser les raisonnements en ACV et ainsi permettre les échanges asynchrones lors de ce type d'activité. Il peut s'intégrer aux démarches actuelles. Ce constat est d'autant plus vrai que la K²alligraphie offre de nombreuses perspectives de développement en milieu industriel.

B. Des perspectives de développement en milieu industriel

L'étude présentée dans ce chapitre a certes été menée dans un environnement académique ; mais il est aisément possible de la réaliser au sein d'un environnement industriel. Une étude de ce type permettrait d'observer comment la K²alligraphie s'intègre à un univers de travail plus complexe.

A un niveau informatique, il existe d'importantes perspectives de développement. D'une part, il paraît indispensable de veiller à intégrer l'utilisation de la K²alligraphie aux outils d'ACV déjà existant. Il serait également intéressant d'améliorer l'ergonomie des notices réalisées en K²alligraphie et ce pour les rendre plus interactives. D'autre part, un suivi plus précis de la réalisation et de l'utilisation de ces notices pourra permettre de vérifier si tous les symboles sont utilisés, ou si la typologie d'arguments proposée est pertinente.

Enfin, nous estimons que la mise en place de la K²alligraphie au sein des démarches d'écoconception peut avoir des effets positifs selon une dimension plus large que la réalisation d'ACV. En effet, la formalisation des raisonnements lors des ACV est en partie le reflet du raisonnement de conception à part entière. Et il ne peut être que profitable que les acteurs explicitent les choix qu'ils ont effectués. Ceci offre une meilleure traçabilité, facilite les répercussions de modifications et tout simplement permet de questionner certaines décisions prises.

Chapitre 7 : Vers une plateforme dédiée aux connaissances en écoconception ?

Résumé : Dans ce chapitre nous montrons que nos trois propositions constituent trois niveaux d'intervention afin de répondre à la problématique initiale. Nous dressons aussi différentes perspectives d'études à nos travaux. Parmi elles, nous discutons des besoins d'une plateforme dédiée aux connaissances en écoconception.

I. Une réponse globale.....	140
A. Une réponse en 3 étapes successives	140
B. Des étapes indépendamment utiles	141
C. Une réponse à l'épreuve des restrictions du champ d'étude	141
1. La méthode K ² stor	141
2. L'approche K ² afé.....	142
3. La K ² alligraphie.....	142
II. Perspectives d'études	143
A. Une plateforme dédiée aux connaissances en écoconception ?	143
1. Pourquoi une plateforme ?.....	143
2. Une première expression des besoins de la plateforme	143
B. Améliorer les démarches d'écoconception	144
1. Utilisation des rôles pour guider les démarches d'écoconception	144
2. Vers une cotation environnementale ?.....	145
C. « Mieux concevoir » pour écoconcevoir ?.....	145
1. La conception intégrée est toujours d'actualité	145
2. Une plateforme générale dédiée aux connaissances en conception	146
3. Résistance face aux changements	146

I. Une réponse globale

A. Une réponse en 3 étapes successives

Les raisons qui nous ont poussés à étudier les problématiques liées à la gestion des connaissances en écoconception étaient avant tout guidées par le contexte industriel. Nous avons constaté que l'intégration de la dimension environnementale en conception se traduisait par l'utilisation de nombreux outils et méthodes. Ainsi, les projets d'écoconception peinent à aboutir ou restent isolés. L'étude des besoins permettant de surmonter ces difficultés a alors montré le rôle déterminant des connaissances.

Les apports de la littérature nous ont permis de préciser notre thématique de recherche. Nous avons en particulier montré que les difficultés d'intégration de l'environnement en conception peuvent s'expliquer par un manque de connaissance de niveau local. Bien que ces connaissances soient déterminantes dans la conduite de ces démarches, leurs méthodes de construction sont très peu étudiées. C'est ainsi que nous avons établi notre question de recherche : « Comment améliorer les démarches d'écoconception en prenant en compte les connaissances locales ? »

L'étude bibliographique nous a également permis d'identifier trois leviers majeurs pour traiter cette question de recherche. Il s'agissait de commencer par être capable de mettre en évidence, dans un processus d'écoconception, des défaillances liées à un besoin de connaissances locales. Pour surmonter les défaillances identifiées, nous avons cherché à construire des connaissances locales par la création de situations d'interaction entre acteurs en entreprise. Puis nous avons envisagé une autre manière de dépasser ces défaillances à l'aide d'objets intermédiaires à l'interface des acteurs de ces démarches. Ce dernier levier a, en particulier, concerné les praticiens en Analyses de Cycle de Vie.

Nous avons ainsi construit trois propositions, la méthode K²stor, l'approche K²afé et la K²alligraphie, permettant chacune d'agir sur ces trois leviers, et nous avons montré qu'elles étaient opérationnelles et efficaces. Des mises à l'épreuve pratiques ont été réalisées en contexte industriel ou lors de situations construites à partir de données réelles.

Guidés par des préoccupations de clarté rédactionnelle, nous avons présenté nos trois propositions dans trois chapitres indépendants. Cependant, la contribution à la question de recherche est à considérer comme un ensemble cohérent. La problématique que nous avons identifiée peut donc être résolue en selon trois niveaux d'intervention.

Si nous considérons la situation industrielle d'une entreprise cherchant à mettre en place des démarches d'écoconception, nos apports peuvent être déployés de la façon suivante : la méthode K²stor est mise en place afin de « diagnostiquer » la situation. Elle permet d'explicitier les difficultés auxquelles sont soumis les acteurs de la démarche : quels services et acteurs sont impliqués ? Quels sont les éléments, liés aux connaissances, à l'œuvre dans ces défaillances ? S'agit-il de problèmes surmontables par des outils usuels ? La méthode K²stor va aussi renforcer l'adhésion des acteurs impliqués dans l'amélioration de la démarche d'écoconception. Parmi les problèmes identifiés, nous noterons qu'une partie d'entre eux peut nécessiter de construire des connaissances locales par des échanges synchrones. Ceci est rendu possible par l'approche K²afé, qui est déclinée selon la connaissance ciblée par la méthode K²stor, et bien sûr adaptée au contexte industriel. Nous pouvons aussi identifier certains problèmes qui vont exiger une construction de connaissances par échange asynchrone. Si ces difficultés concernent

le partage de raisonnements propres aux modélisations en ACV, alors la K²alligraphie apporte une solution pour le partage de connaissances lors de ces ACV.

B. Des étapes qui réalisées indépendamment sont utiles

Nous proposons donc une réponse globale composée de 3 étapes. Néanmoins, nous constatons que réalisée indépendamment, chacune de ces propositions offre un moyen d'améliorer les démarches d'écoconception. L'efficacité de ces moyens sera, certes, plus limitée que la mise en œuvre de la réponse globale, mais ceci pourra être suffisant pour une situation donnée.

Il est possible d'imaginer les possibilités offertes par la méthode K²stor lors d'une mise en pratique indépendante. D'une part, elle permet d'accorder les acteurs d'une entreprise sur une vision de leur situation de travail. Par la construction de différents scénarios, ils mettent en commun leurs points de vue sur leurs activités. D'autre part, la méthode K²stor permet de vérifier si des solutions initialement envisagées s'avèrent compatibles avec les résultats de l'analyse des scénarios.

L'approche K²afé peut être déployée lorsque les connaissances à construire ont déjà été identifiées. Il n'est pas toujours nécessaire d'appliquer la méthode K²stor pour identifier les connaissances cibles nécessaires à une situation. Cette étape peut être réalisée par l'intermédiaire de l'expertise d'un acteur. Il est également possible de mettre en pratique l'approche K²afé de façon préventive. Il s'agirait de créer une situation d'interaction selon une connaissance cible présumée utile aux acteurs. A titre d'exemple, la situation que nous avons réalisée et décrite au chapitre 5 ne peut qu'améliorer les démarches des entreprises menant des ACV.

De la même façon, nous sommes convaincus que l'utilisation de la K²alligraphie s'avère efficace dès lors qu'une entreprise réalise de nombreuses ACV, ou implique plusieurs acteurs dans leur réalisation.

C. Une réponse à l'épreuve des restrictions du champ d'étude

Dans le cadre de notre démarche de recherche, le champ de notre étude avait été limité pour obtenir des analyses et propositions plus fortes. C'est pourquoi les trois limites suivantes avaient été considérées : se restreindre au cadre d'une analyse du cycle de vie, un niveau d'implication de l'entreprise élevé, un besoin de construction de connaissances au niveau local. Nous allons présenter comment nos trois propositions sont influencées par ces limites.

1. La méthode K²stor

La méthode K²stor s'appuie sur des données issues directement de l'entreprise « diagnostiquée », et rien dans son mode opératoire n'impose de se focaliser sur les problématiques posées par les ACV. Ainsi, elle peut être utilisée pour construire des scénarios sur tous types d'activité. C'était justement le cas des travaux présentés au chapitre 4 qui ne consacraient qu'un seul scénario au thème de l'ACV.

La seconde limite d'étude nous a amenés à ne considérer que le cas des entreprises ayant une volonté stratégique forte pour mettre en place une démarche d'écoconception. La méthode K²stor ne semble pas être le moyen le plus pertinent dans le cas d'une entreprise non volontaire.

En effet, la méthode K^2 stor requiert des ressources humaines pour être menée¹⁰⁸ et il est peu probable d'en disposer dans ce cas de figure. De plus, l'un des apports majeurs de la méthode K^2 stor est de permettre à un grand nombre d'acteurs de s'accorder sur une vision des défaillances, et plus généralement, celles des démarches d'écoconception au sein de leur entreprise. Ceci ne présente que peu d'intérêt pour une entreprise n'en pratiquant pas ou peu, mais surtout ne souhaitant pas en pratiquer davantage.

Nous souhaitons également nous ancrer fortement sur le terrain industriel, et plus particulièrement concernant le niveau local des connaissances. La méthode K^2 stor a justement été développée pour s'appuyer sur des données issues du terrain et en identifier les défaillances. Cependant, il est envisageable qu'à partir des résultats de plusieurs mises en pratique de la méthode K^2 stor, nous soyons capables d'extraire et trouver des défaillances communes. Celles-ci ayant donc un potentiel de généralité, elles pourraient être transposables à d'autre cas. Des travaux pourraient même être menés pour déterminer des mécanismes de défaillance, ou à minima construire des « cas d'école » à vocation pédagogique.

2. L'approche K^2 afé

L'approche K^2 afé est une approche de construction de connaissances générique, c'est-à-dire qu'elle peut se décliner à n'importe quel type de connaissance cible. Elle n'est donc pas dédiée au thème de l'ACV ou de l'écoconception.

De la même façon que pour la méthode K^2 stor, l'approche K^2 afé a besoin de ressources humaines pour être conduite. Ce qui se traduit, à minima, par la disponibilité des participants pour la réunion d'interaction. Or, si la volonté du niveau stratégique de l'entreprise n'existe pas, il est ici encore peu probable d'en disposer.

Nous avons dédié l'approche K^2 afé à la construction de connaissances locales, donc proches de « l'action » de ses participants. Mais il est concevable d'imaginer qu'une mise en pratique, avec des experts d'un domaine donné, puisse aboutir à la construction de connaissances de niveau plus élevé.

3. La K^2 alligraphie

La raison d'être de la K^2 alligraphie est de faciliter le partage de raisonnement propre aux modélisations en ACV. Il n'est donc pas directement transposable à d'autres activités d'écoconception. Néanmoins, sa méthode de construction peut servir d'inspiration pour le développement d'autres objets intermédiaires dédiés à l'écoconception.

Dans le cadre des procédures de l'entreprise de cosmétiques, l'évaluation environnementale est obligatoire pour les cas d'une reconception de packaging [Baouch 2012]. Même si ce groupe a une volonté de prise en compte de l'environnement, celle-ci n'est pas encore complètement assumée au niveau stratégique¹⁰⁹. Cet exemple, montre qu'il est possible de trouver une entreprise pratiquant des ACV à grande échelle, mais sans pour autant se situer dans une

¹⁰⁸ Pour à la fois porter ses différentes étapes mais aussi comme « données » utilisées.

¹⁰⁹ Pour preuve, une reconception d'un produit, avec un impact environnemental plus défavorable, peut tout de même être validée et mise en production par une procédure de dérogation peu complexe.

démarche environnementale globale. Ainsi, la K²alligraphie est un outil pouvant apporter une aide forte aux praticiens de l'ACV de ce type d'entreprise.

Par contre, la K²alligraphie manipule uniquement des connaissances de niveau local et il y a donc peu de sens à concevoir une autre utilisation. Toutefois, il pourrait exister un intérêt à utiliser la K²alligraphie dans un cadre scolaire, afin d'explicitier des raisonnements génériques pouvant être à l'œuvre lors de modélisations en ACV.

II. Perspectives d'études

A. Une plateforme dédiée aux connaissances en écoconception ?

1. Pourquoi une plateforme ?

La réponse que nous apportons dans cette étude est globale, et nous pensons qu'elle peut s'inclure plus largement au sein d'une plateforme dédiée aux connaissances en écoconception. Ce terme est utilisé dans de nombreux domaines mais pour nous, une plateforme permet avant tout à des personnes d'accéder à un espace commun détaché de leur environnement courant. Ceci s'avère être particulièrement en phase avec les résultats de notre étude. A partir des travaux menés et de nos réflexions, nous allons dresser les contours des besoins qu'une telle plateforme peut satisfaire.

2. Une première expression des besoins de la plateforme

La méthode K²stor analyse les défaillances des processus d'écoconception, ce qui permet ensuite de déclencher une série d'action pour les corriger. Il serait donc utile qu'une plateforme dispose d'un ensemble de fonctionnalités liées à la *veille de situation*. Le terme de *situation* est, à ce stade de notre réflexion, volontairement flou mais il peut être question d'un projet de conception (caractérisé par un avancement, des nomenclatures, des ACV, des choix de fournisseurs, etc.). Des niveaux plus stratégiques (la volonté de disposer d'un label, etc.) ou organisationnels (modification des ressources humaines, etc.) peuvent aussi être concernés. Suite à l'observation des *situations*, la plateforme pourrait alors déterminer un plan d'action.

L'approche K²afé et la K²alligraphie peuvent être partie intégrante d'un tel plan d'action. Ces deux éléments, en organisant des interactions entre acteurs, cherchent à construire des connaissances. Mais il est aussi possible d'avoir besoin de capturer des échanges déjà existants afin d'en garder une trace. Ces informations étant le reflet des connaissances construites par ces mêmes échanges. Ces constructions peuvent être prévues, comme c'est le cas lors d'une formation, lors des interactions entre un *porteur de connaissances* et des *novices*. Il peut également exister des constructions fortuites, par exemple lors d'une réunion, sans que cela en soit l'objectif initial. Une plateforme pourrait être utile pour réussir à capturer, en temps réel ou différé, des informations lors de ces échanges.

Une plateforme dédiée aux connaissances pourrait aussi agréger, modifier ou structurer des contenus, à partir des informations capturées ou d'éléments provenant de l'entreprise ou de l'extérieur. Par exemple, l'analyse d'un ensemble de notices réalisé en K²alligraphie peut établir des contenus pertinents pour l'ensemble de l'entreprise. Il existe un besoin de construction de contenus par la plateforme. Naturellement se pose la question de la diffusion de ces contenus au sein de l'entreprise. La plateforme pourrait disposer de fonctionnalités pour rendre disponible et cibler la diffusion de ces éléments.

Nous avons déjà imaginé que cette plateforme disposerait de plusieurs phases de vie (*veille, capture, construction et diffusion*), mais nos réflexions mériteraient d'être approfondies. Néanmoins, le besoin d'une plateforme dédiée aux connaissances en écoconception semble se dessiner.

B. Améliorer les démarches d'écoconception

Au-delà de l'idée de plateforme qui vient d'être présentée, les travaux menés dans cette étude nous ont amenés à réfléchir à des moyens annexes pour améliorer les démarches d'écoconception.

1. Utilisation des rôles pour guider les démarches d'écoconception

Le flou règne autour de la notion de « métier », un terme pouvant revêtir de nombreuses définitions selon les entreprises ou les secteurs d'activité (chapitre 4). Ceci nous a conduits à introduire la notion de *rôle* comme l'ensemble des activités associées à un *acteur*. Un rôle est donc partageable : l'ensemble du BE d'Aubrillam est chargé de « définir les spécifications techniques des produits ». Les *rôles* sont aussi cumulables : en plus de « définir les spécifications » certains ingénieurs du BE sont chargés de « choisir les fournisseurs », activité imputable à un rôle *d'acheteur*. Cette notion de rôle nous a permis de construire les scénarios dans le cadre de la méthode K²stor, mais nous estimons qu'elle peut également être utile pour permettre l'amélioration globale des démarches d'écoconception.

Les *rôles* donnent un cadre pour comprendre les activités des acteurs d'une entreprise. Il s'agit de déduire les *rôles* portés par un acteur à partir de ses *activités*. Par exemple, à Aubrillam et l'Oréal plusieurs acteurs se définissent comme « *ingénieurs conception* » mais cela n'a pas toujours le même sens. Il est possible de s'en rendre compte en dressant l'inventaire de leurs activités, et ainsi d'identifier que « *l'ingénieur conception* » chez Aubrillam porte aussi un *rôle* d'acheteur. La démarche inverse est plus problématique, car définir les activités des acteurs selon les rôles qu'ils pensent avoir, met en jeu des éléments implicites qui ne sont pas forcément partagés. Connaître précisément les rôles des acteurs d'une entreprise permet d'apporter des solutions plus appropriées aux situations rencontrées.

La réussite d'une démarche d'écoconception repose sur la participation de l'ensemble des acteurs de l'entreprise. A chaque *rôle* un ensemble d'activités *écoconception* est nécessairement associé (Figure 59). De façon non exhaustive, nous pouvons évoquer que le *rôle* de gestion des ressources humaines (RH) doit veiller à « allouer des ressources humaines en adéquation avec les besoins et compétences environnementales ». Le *rôle* d'industrialisation (activité de mise en production du produit) est par exemple chargé de « collecter les données environnementales des procédés de fabrication ».

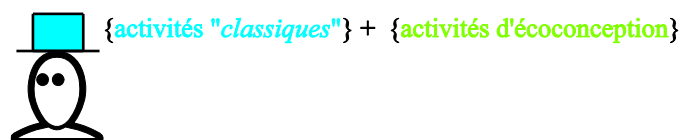


Figure 59. Activités d'écoconception associées à un rôle dans le cadre d'une démarche d'écoconception.

Nous venons de présenter quelques exemples d'activités associées à des rôles dans une démarche d'écoconception. Nous estimons qu'une étude plus exhaustive sur ce thème peut s'avérer utile pour soutenir l'intégration de l'environnement en conception. Ceci permettra également de montrer que la somme de toutes ces activités « dédiées » n'est pas suffisante pour

la réussite des démarches. Nous sommes convaincus qu'un rôle de *responsable écoconception* doit être porté. A ne pas confondre avec un *expert environnement* qui pourrait intervenir dans le processus de conception au même titre qu'un *expert matériaux*. Le *responsable écoconception* est porteur d'un ensemble d'activités non imputables à d'autres rôles. Cela consiste par exemple, à « traduire les objectifs environnementaux, décidés par la direction, en indicateurs afin de les déployer dans l'entreprise », ou bien à « assister les RH pour la définition des plans de formation ». *Responsable écoconception* est un rôle, il peut donc être cumulé, partagé, voir externe à l'entreprise.

2. Vers une cotation environnementale ?

L'étude bibliographique a mis en avant l'importance du concept d'objet intermédiaire lors des activités de conception, et nous avons émis le regret que ceux-ci soient si peu étudiés dans les démarches d'écoconception. Nous avons démontré que dans le cas du partage de modélisations d'ACV, il existait un manque d'objet à l'interface de ses praticiens. Nous avons ainsi développé un formalisme, la K²alligraphie, pour réaliser des notices explicatives. Etant donné le nombre d'acteurs impliqués dans les démarches d'écoconception, il existe un champ d'étude conséquent pour comprendre le rôle joué par les objets intermédiaires et leur éventuel manque.

Nous nous sommes rendu compte qu'il était difficile aux acteurs d'échanger à propos du profil environnemental d'un produit. Les indicateurs utilisés lors d'une évaluation environnementale sont nombreux et peuvent varier selon les logiciels utilisés. Les acteurs ont besoin de moyens pour s'accorder sur la définition environnementale d'un produit. Nous avons aussi constaté que le concepteur a souvent pour objectif l'amélioration de la qualité environnementale d'un produit sans nécessairement plus de précision. Il se retrouve alors face à de nombreux indicateurs et peut éprouver des difficultés à les appréhender d'un seul tenant. Ceci est dommage car il est possible que ce concepteur ne contribue principalement qu'à un faible nombre d'entre eux. C'est pourquoi, il peut lui être utile de connaître les indicateurs environnementaux sur lesquels il doit focaliser son activité, mais aussi les seuils de réduction attendus. Ces deux exemples évoquent nécessairement les outils de spécification géométrique des produits et la cotation fonctionnelle à l'œuvre en conception. En effet, les normes GPS ISO offrent un langage commun qui permet à différents acteurs de s'accorder sur la définition géométrique d'un produit¹¹⁰. Et la cotation fonctionnelle permet de définir les dispersions géométriques maximales admissibles pour garantir les fonctions d'une pièce [Dufailly and Poss 2015].

C'est pourquoi nous nous interrogeons sur la pertinence d'une réflexion autour du concept de cotation environnementale. Il s'agirait d'un ensemble de symboles pour matérialiser des règles et contraintes tacites en écoconception.

C. « Mieux concevoir » pour écoconcevoir ?

1. La conception intégrée est toujours d'actualité

Nous avons pu constater dès le premier chapitre que les processus de conception étaient plus pragmatiques que conformes à des standards. Les équipes disposent d'une grande réactivité et de flexibilité afin de s'adapter aux aléas comme les changements de cahier des charges, les

¹¹⁰ Les normes (Geometrical Product Specification) « contribuent à l'établissement de dessins de définition (...) permettant une compréhension univoque entre les services de conception, de fabrication et de contrôle » p48 [Chevalier 2004].

mauvaises communications entre services, etc. Les observations réalisées chez les industriels pendant nos travaux ont renforcé ce constat.

La prise en compte de l'environnement dans ces processus de conception met en exergue « les approximations » existantes. Il s'agit d'un élément perturbateur¹¹¹ et étant donné que peu d'acteurs sont familiers avec cette thématique, la flexibilité des équipes s'en trouve réduite. Ainsi, pour améliorer les démarches d'écoconception en entreprise, il est fortement utile de commencer par améliorer la conception dite « classique ». Les outils et méthodes de *conception intégrée* sont donc toujours d'actualité.

2. Une plateforme générale dédiée aux connaissances en conception

Nous avons abouti à l'esquisse d'une plateforme décrite précédemment dans le cas particulier de l'écoconception. Néanmoins, cette plateforme est certainement adaptable à de la conception « classique ».

Il est à noter, par exemple, que deux de nos propositions sont pertinentes dans un contexte de conception qui ne prendrait pas en compte l'environnement. La méthode K²stor est déclinable à tous types d'activités de conception et offre les mêmes fonctionnalités de diagnostic. L'approche K²afé a été développée pour s'adapter à n'importe quelle connaissance, et donc à fortiori hors du cadre de l'écoconception.

Il serait ainsi possible de considérer une plateforme générale dédiée aux connaissances en conception, pour laquelle l'écoconception n'en serait qu'une dimension.

3. Résistance face aux changements

Les acteurs sont assez peu enclins à modifier leur façon de travailler. Nous l'avons constaté au sujet de l'écoconception, mais c'est un phénomène répandu hors de ce cadre. Pourquoi les acteurs refusent-ils d'utiliser des nouveaux outils, même si ces derniers peuvent leur apporter une aide lors de leurs activités ? Comprendre ces mécanismes est un défi qui peut faciliter l'intégration de l'environnement en conception. L'apport des sciences humaines et sociales est déterminant dans cette compréhension, il s'agit d'une perspective de travail intéressante à mener car complémentaire à nos travaux.

¹¹¹ Il est possible de trouver d'autres exemples entraînant ce résultat (projet à forte innovation, utilisation de nouvelle technologie, etc.)

Conclusion

« Un jour, dit la légende, il y eut un immense incendie de forêt. Tous les animaux terrifiés, atterrés, observaient impuissants le désastre. Seul le petit colibri s'activait, allant chercher quelques gouttes avec son bec pour les jeter sur le feu. Après un moment, le tatou, agacé par cette agitation dérisoire, lui dit : "Colibri ! Tu n'es pas fou ? Ce n'est pas avec ces gouttes d'eau que tu vas éteindre le feu ! " Et le colibri lui répondit : "Je le sais, mais je fais ma part" ¹¹²»

Les résultats de notre recherche visaient à améliorer les démarches d'écoconception par la construction de connaissances locales. Nous avons présenté une réponse globale en trois étapes pour atteindre cet objectif. La méthode K²stor met en évidence, dans les processus d'écoconception, les défaillances liées à un besoin de connaissances locales. L'approche K²afé crée des situations d'interaction entre acteurs en entreprise afin de construire des connaissances locales cibles. Et la K²alligraphie est un formalisme pour faciliter le partage des raisonnements propre aux modélisations en ACV entre ses praticiens.

Ces trois propositions ont été mises à l'épreuve du milieu industriel ou selon des contextes directement inspirés de données réelles. Les observations et analyses de ces études empiriques légitiment, certes avec quelques limites, l'opérationnalité et l'efficacité de nos propositions. Nos résultats apportent donc des éléments de solution pratique et exploitable par les acteurs industriels. Cette thèse veut être aussi un modeste apport théorique à des notions comme les connaissances et leurs caractérisations.

La dimension cognitive des activités d'écoconception est pour nous un champ d'étude important et pouvant apporter de nombreuses solutions à l'amélioration de ces démarches. Mais surtout nous retenons de nos travaux que les initiatives regroupées sous l'appellation « gestion des connaissances » mériteraient d'être abordées sous un angle nouveau. En effet, il faut ne faut se limiter à considérer qu'il est seulement nécessaire d'apporter « les réponses » mais qu'il est également important de contribuer à se poser « les questions ». Le questionnement étant l'étape indispensable vers la connaissance.

Le cheminement, qui nous a amené à des propositions basées sur la construction de connaissances, avait pour origine le constat que les caractéristiques intrinsèques à l'écoconception imposaient une approche différente. Mais dès lors que le contexte s'y prête, c'est-à-dire qu'il est fortement évolutif ou collaboratif, nos propositions peuvent s'avérer pertinentes même hors des démarches non environnementales.

Un de nos postulats d'étude était de se focaliser principalement sur les entreprises souhaitant s'engager dans une prise en compte de l'environnement dès la phase de conception de leurs produits. Néanmoins, les premiers résultats montrent que cette intégration est bien facilitée par

¹¹² Légende du colibri [Rabhi 2006]

notre proposition. Ainsi, nos travaux pourraient s'ajouter aux sources de motivation pour que les entreprises les plus réticentes s'aventurent dans ce type de démarche.

En introduction, nous insistions fortement sur le défi imposé par la situation environnementale préoccupante. Il apparaissait vital de réorienter notre modèle de développement pour tendre vers une société plus respectueuse de la planète et socialement juste. L'écoconception s'inscrit pleinement dans la logique de développement durable, car elle offre un moyen de réduire l'impact environnemental des produits mais donne également une formidable excuse à l'innovation.

Et si l'écoconception n'est qu'un petit élément des considérables changements à mener, ne serait-ce pas déjà un moyen de « *faire sa part* » ?

Bibliographie

- Ademe. 2010. *Etude Du Potentiel de Recyclage de Certains Métaux Rares*.
- Ahmed, Saeema, Km Wallace, and L. Blessing. 2003. "Understanding the Differences between How Novice and Experienced Designers Approach Design Tasks." *Research in engineering design* 14(1):1–11.
- Akermark, A. M. 2003. "The Crucial Role of the Designer in EcoDesign." PhD thesis, Royal Institute of technology, KTH, Stockholm, Sweden.
- Alhomsi, Hayder. 2012. "Intégration de règles 'DfE' (Design for Environment) pour la conception de produits, process et cycles de vie propres." PhD Thesis, Université de Grenoble.
- Alting, Léo. 1996. "Sustainable Industrial Production Environmental Issues in Product Development." Pp. 31–42 in *Life-Cycle Modelling for Innovative Products and Processes*, edited by F.-L. Jansen, Helmut and Krause. Springer.
- Andreania, Jean-claude and Françoise Conchon. 2005. "Méthodes D'analyse et D'interprétation Des Études Qualitatives : Etat de L'art En Marketing." Pp. 1–26 in *Actes du 4e Congrès International sur les Tendances du Marketing en Europe*.
- Anon. 2013. "Corine." Retrieved (<http://www.corinecodesign.eu/>).
- Arikoglu, Emine Serap. 2006. "Impact Des Approches « Scénario » et « Persona » Sur L'Élicitation Des Exigences : Une Étude Expérimentale." PhD, Université de Grenoble.
- Aubrilam. 2009. "Harmonies Hors Série Développement Durable." *Harmonies (Aubrilam)*.
- Avenier, Marie-José. 2009. "Franchir Un Fossé Réputé Infranchissable : Construire Des Savoirs Scientifiques Pertinents Pour La Pratique." *Management & avenir* 30:188–206.
- Azapagic, A. and R. Clift. 1999. "Life Cycle Assessment and Multiobjective Optimisation." *Journal of Cleaner Production* 7(2):135–43.
- Bachelard, Gaston. 1938. *La Formation de L'esprit Scientifique*. VRIN.
- Baouch, Yacine. 2012. "Évaluation de L'écoconception de Packaging Chez l'Oréal." *Rapport de stage de M2*.
- Baouch, Yacine, François Cluzel, Yann Leroy, and Bernard Yannou. 2012. "Variabilité de L'unité Fonctionnelle : Analyse Qualitative, Modèle de Description et Recommandation de Définition." *Mémoire thématique Ecole Centrale de Paris*.
- Baouch, Yacine, Franck Pourroy, Peggy Zwolinski, and Daniel Brissaud. 2014. "Identifying the Requirements for a Knowledge-Sharing Platform in Ecodesign." in *CIRP Design 2014*.
- Barin Cruz, L. 2007. "Le Processus de Formation Des Stratégies de Développement Durable

- de Groupes Multinationaux.” Thèse de doctorat, Université Jean Moulin Lyon3.
- Baudry, Ingwild. 2013. “Caractérisation Environnementale Des Procédés de Fabrication Microélectronique Pour L'éco-Conception Des Technologies.” PhD, Université de Grenoble Alpes.
- Baudry, Ingwild, Alan Lelah, and Daniel Brissaud. 2012. “Data Collection of Chemicals Used in Microelectronic Manufacturing Processes for Environmental Studies.” in *CIRP Life Cycle 12*.
- Baumann, Henrike, F. Boons, and A. Bragd. 2002. “Mapping the Green Product Development Field: Engineering, Policy and Business Perspectives.” *Journal of Cleaner Production* 10(5):409–25.
- Belji, Momir, Virgilio Panapanaan, Lassi Linnanen, and Tuomo Uotolia. 2013. “Environmental Knowledge Management of Finnish Food and Drink Companies in Eco-Efficiency and Waste Management.” *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management* 8:99–119.
- Berliner, C. and J. A. Brimson. 1988. *Cost Management for Today's Advanced Manufacturing*. Harvard.
- Bernard, Jean-grégoire. 2006. “A Typology of Knowledge Management System Use by Teams.” Pp. 1–10 in *39th Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Bhamra, T. .. 2004. “Ecodesign: The Search for New Strategies in Product Development.” *Journal of Engineering Manufacture* 218(5):557–69.
- Biggs, J. .. and K. F. Collis. 1982. *Evaluating the Quality of Learning: The SOLO Taxonomy*. New York.
- Bihouix, Philippe and Benoît de Guillebon. 2010. *Quel Futur Pour Les Métaux ?* edited by EDP-Sciences.
- Blanco, Eric. 1998. “L'émergence Du Produit Dans La Conception Distribuée.” Phd, INP de Grenoble.
- Blessing, L. and Amaresh Chakrabarti. 2009. *DRM: A Design Reseach Methodology*. edited by Springer.
- Boboc, Anca. 2002. “Formes de Socialisation Dans La Conception Automobile. Le Cas de Renault.” PhD Thesis, Ecole des Ponts ParisTech.
- Boisot, Max and Ian C. MacMillan. 2004. “Crossing Epistemological Boundaries : Managerial and Entrepreneurial Approaches to Knowledge Management.” *Long Range Planning* 37(6):505–24.
- Boothroyd, Dewhurst, and Knight. 2000. *Product Design for Manufacture and Assembly*. 3th ed.
- Boujut, Jean François. 2001. “Des Outils Aux Interfaces, Pour Le Développement D'un Processus de Conception Coopérative.” HDR, Institut National Polytechnique de

Grenoble.

- Boujut, Jean-françois and Pascal Laureillard. 2002. "A Co-Operation Framework for Product-process Integration in Engineering Design." *Design Studies* 23:497–513.
- Boujut, Jean-françois and Serge Tichkiewitch. 1992. "A Step toward Automatic Dressing of a Three-Dimensional Stamped Part." *Journal of Materials Processing Technology* 34:163–71.
- Bovea, M. D. and V. Pérez-Belis. 2012. "A Taxonomy of Ecodesign Tools for Integrating Environmental Requirements into the Product Design Process." *Journal of Cleaner Production* 20(1):61–71.
- Bracewell, R. H. and K. M. Wallace. 2003. "A Tool for Capturing Design Rationale." Pp. 1–10 in *ICED 03 Stockholm*.
- Brezet, H. and C. Van Hemel. 1997. *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. Eds. Harriët Böttcher, and Robin Clarke. UNEP.
- Brissaud, Daniel. 1992. "Système de Conception Automatique de Gammes D'usage Pour Les Industries Manufacturières." PhD Thesis, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Brissaud, Daniel, O. Garro, and Poveda. 2003. "Design Process Logic Capture and Support by Abstraction of Criteria." *Research in engineering design* 19(4):162–72.
- Brundtland. 1987. *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*.
- Buclet, N. 2011. *Le Territoire, Entre Liberté et Durabilité*. PUF.
- Bustillo, Andres, Julien Nègre, and Iñigo Lazcanotegui. 2013. "Towards Higher Machine-Tool Eco-Efficiency with an Information Sharing Platform." Pp. 3–8 in *Industrial Electronics Society, IECON 2013 - 39th Annual Conference of the IEEE*.
- Camarinha-Matos, Luis M., Hamideh Afsarmanesh, Nathalie Galeano, and Arturo Molina. 2009. "Collaborative Networked Organizations - Concepts and Practice in Manufacturing Enterprises." *Computers and Industrial Engineering* 57(1):46–60.
- Cassier, Jean-laurent. 2010. "Argumentation et Conception Collaborative de Produits Industriels." PhD Thesis, Université de Grenoble.
- CE. 1994. *Directive 1994/62/CE Du Parlement Européen, Relative Aux Emballages et Déchets D'emballage*.
- CE. 2009. *Règlement (CE) N° 66/2010 Du 25/11/09 Établissant Le Label Écologique de l'UE*. Retrieved (http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/345).
- Chalmers, A. 1987. *Qu'est-Ce Que La Science ? Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend*.
- Chan, Charles C., M. S. Tsui, Mandy Y. C. Chan, and Joe H. Hong. 2002. "Applying the Structure of the Observed Learning Outcomes (SOLO) Taxonomy on Student's Learning Outcomes: An Empirical Study." *Assessment & Evaluation in Higher Education*

27(6):511–27.

Chevalier, André. 2004. *Guide Du Dessinateur Industriel*. edited by Hachette.

Chevallard, Yves. 1992. “Concepts Fondamentaux de La Didactique : Perspectives Apportées Par Une Approche Anthropologiques.” *Recherches en didactique des Mathématiques* 12(1):73–112.

Collado-Ruiz, Daniel and Hesamedin Ostad-Ahmad-Ghorabi. 2010. “Influence of Environmental Information on Creativity.” *Design Studies* 31(5):479–98.

Cooper, Alan. 1999. *The Inmates Are Running the Asylum*.

Darses, Françoise, Françoise Détienne, and Willemien Visser. 2001. “Assister La Conception: Perspectives Pour La Psychologie Cognitive Ergonomique.” *EPIQUE 2001, Actes des journées d’étude en psychologie ergonomique* 11–20.

Davenport, Thomas H. and L. Prusak. 1998. *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Boston.

Davenport, Thomas H., David W. De Long, and Michael C. Beers. 1998. *Successful Knowledge Management Projects*.

Denise, Leo. 1999. “Collaboration vs. C-Three (Cooperation, Coordination, and Communication).” *INNOVATING* 7(3).

Détienne, F., J. F. Boujut, and B. Hohmann. 2004. “Characterization of Collaborative Design and Interaction Management Activities in a Distant Engineering Design Situation.” *Cooperative systems design* 83–98.

Dewulf, W. and J. Dufloy. 2004. “The Ecodesign Knowledge System – Supporting Ecodesign Education as Well as Ecodesign Knowledge Management.” Pp. 1509–14 in *International Design Conference*.

Domingo, Lucie. 2013. “Méthodologie D’éco-Conception Orientée Utilisation.” PhD, Université de Grenoble Alpes.

Dudezert, Aurélie. 2003. “La Valeur Des Connaissances En Entreprise : Recherche Sur La Conception de Méthodes Opératoires D’évaluation Des Connaissances En Organisation.” PhD, Ecole Centrale Paris.

Dufailly, Jacques and Mmchel Poss. 2015. *Cotation Fonctionnelle, Chaînes de Cotes BE*. Retrieved (cipi.fr).

Dufrene, Maud. 2015. “Proposition D’un Cadre Méthodologique Comme Support Aux Approches D’écoconception En Entreprise : Exigences et Conceptualisation Pour Une Plateforme Logicielle.” PhD, Université de Grenoble Alpes.

Dufrene, Maud, Peggy Zwolinski, and Daniel Brissaud. 2013. “An Engineering Platform to Support a Practical Integrated Eco-Design Methodology.” *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 62(1):131–34.

- Earl, M. .. 2001. "Knowledge Management Strategies: Toward a Taxonomy." *Journal of Management Information Systems* 18(1):215–33.
- Edmondson, A. 1999. "Psychological Safety and Learning Behavior in Work Teams." *Administrative Science Quarterly* 44:350–83.
- Ermine, Jean-louis. 1996. *Les Systèmes de Connaissances*. edited by Hermès.
- EVEA. 2011. *Analyse Du Cycle de Vie Comparative de 2 Générations de Tubes de Crème Pour La Roche-Posay*.
- Favi, Claudio, Michele Germani, Marco Mandolini, and Marco Marconi. 2012. "LeanDfd : A Design for Disassembly Approach to Evaluate the Feasibility of Different End-of-Life Scenarios for Industrial Products." Pp. 215–20 in *Leveraging Technology for a Sustainable World - Proceedings of the 19th CIRP Conference on Life Cycle Engineering*, vol. 1.
- Fayard, Pierre. 2006. *Le Réveil Du Samouraï Culture et Stratégie Japonaise Dans La Société de La Connaissance*. Dunod.
- Fleischer, Günter and Wulf-Peter Schmidt. 1996. "Functional Unit for Systems Using Natural Raw Materials." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 1(1):23–27.
- FranceAgriMer. 2015. "Impact de La Crise Économique Sur La Consommation de Viandes et Évolutions Des Comportements Alimentaires." *Les synthèses de FranceAgriMer* 21:1–16.
- Fraslin, Marie. 2013. "Evaluating the Capacity of a Virtual R&D Community of Practice the Case of Alstom Power Hydro." PhD Thesis, Université de Grenoble.
- Garrido, Nuria and M. Dolors Dolors Alvarez del Castillo. 2007. "LCA Case Studies Environmental Evaluation of Single-Use and Reusable Cups." *International Journal of Life Cycle Assessment* 12(4):252–56.
- Gaucheron, T. 2000. "Intégration Du Recyclage En Conception. Le Modèle Produit: Un Outil Descriptif et Cognitif Dans Le Processus de Prise En Compte Du Recyclage." PhD Thesis, Institut National Polytechnique du Grenoble.
- Germani, Michele, Marco Mandolini, Marco Marconi, Alessandro Morbidoni, and Marta Rossi. 2013. "A Case-Based Reasoning Approach to Support the Application of the Eco-Design Guidelines." in *20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering*.
- GIEC. 2007. *Changements Climatiques 2007 Rapport de Synthèse*.
- GIEC. 2014. "Changements Climatiques 2014: L'atténuation Du Changement Climatique." 40.
- Gleick, Peter H. 2007. "Hummer versus Prius 'Dust to Dust' Report Misleads the Media and Public with Bad Science." *Pacific Institute*, 1–7.
- Goepp, Virginie, Bertrand Rose, and Emmanuel Caillaud. 2014. "Coupling Reference Modelling and Performance Evaluation for the Effective Integration of Eco-Design Tools into the Design Process." *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 27(3):242–65.

- Gore, Al. 2007. *Discours de Réception Du Prix Nobel de La Paix*.
- Gregory, Jeremy R., Trisha M. Montalbo, and Randolph E. Kirchain. 2013. "Analyzing Uncertainty in a Comparative Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18(8):1605–17.
- Grundstein, Michel. 2002. *GAMETH : Un Cadre Directeur Pour Repérer Les Connaissances Cruciales Pour L'entreprise*.
- Grundstein, Michel and Camille Rosenthal-sabroux. 2009. "GAMETH®: A Process Modeling Approach to Identify and Locate Crucial Knowledge." Pp. 1–6 in *The 123h World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*.
- Guinee, J. B., R. M. Lankreijer, H. A. Udo de Haes, and M. Weneger Sleeswijk. 1992. *Environmental Life Cycle Assesment of Products : Guide*. CML.
- Hakansson, Hakan and Jan Johanson. 1992. "A Model of Industrial Networks." Pp. 28–36 in *Industrial networks : a new view of reality*, edited by Routledge.
- Hallstedt, Sophie I., Anthony W. Thompson, and Pia Lindahl. 2013. "Key Elements for Implementing a Strategic Sustainability Perspective in the Product Innovation Process." *Journal of Cleaner Production* 51:277–88.
- Hansen, M., N. Nohria, and T. Tierny. 1999. "What's Your Strategy for Managing Knowledge?" *Harvard Business Review* 77:106–16.
- Hatchuel, Armand and Benoît Weil. 1992. *L'expert et Le Système: Gestion Des Savoirs et Métamorphose Des Acteurs Dans L'entreprise Industrielle Suivi de Quatre Histoires de Systèmes-Expert*. Economica.
- Hatchuel, Armand and Benoît Weil. 2003. "A New Approach of Innovative Design: An Introduction to C-K Theory." Pp. 1–15 in *ICED 03 Stockholm*.
- Haveman, Mark and Mark Dorfman. 1999. "Breaking down the 'Green Wall' (Part One): Early Efforts at Integrating Business and Environment at SC Johnson." *Corporate Environmental Strategy* 6(1):5–13.
- van Hemel, C. and J. Cramer. 2002. "Barriers and Stimuli for Ecodesign in SMEs." *Journal of Cleaner Production* 10(5):439–53.
- Hernandez Pardo, Ricardo J., Daniel Brissaud, Fabrice Mathieux, and Peggy Zwolinski. 2011. "Contribution to the Characterisation of Eco-Design Projects." *International Journal of Sustainable Engineering* 4(4):301–12.
- Hernandez Pardo, Ricardo J., Daniel Brissaud, Fabrice Mathieux, and Peggy Zwolinski. 2011. "Contribution to the Characterisation of Eco-Design Projects." *International Journal of Sustainable Engineering* 4(4):301–12.
- Huijbregts, Mark. 1998. "Application of Uncertainty and Variability in LCA." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 3(5):273–80.
- Ilgin, Mehmet Ali and Surendra M. Gupta. 2010. "Environmentally Conscious Manufacturing

- and Product Recovery (ECMPRO): A Review of the State of the Art.” *Journal of environmental management* 91(3):563–91.
- Illich, Ivan. 1973. *Energie et Équité*. Oeuvres co. Fayard.
- Innonatives. 2014. “Innonatives.” Retrieved (<https://www.innonatives.com/>).
- INSEE. 2014. “Les Catégories D’entreprise En France : De La Microentreprise À La Grande Entreprise.”
- ISO. 2009. *XP E 01-005 : Produits Mécaniques Méthodologie D’éco-Conception*.
- ISO 10303. 2004. *NF ISO 10303-212 : Représentation et Échange de Données de Produits*.
- ISO 14040. 2006. *NF 14040 Management Environnemental : Analyse Du Cycle de Vie, Principes et Cadre*.
- ISO 14044. 2006. “ISO 14044 Management Environnemental : Analyse Du Cycle de Vie, Exigences et Lignes Directrices.”
- ISO 14062. 2002. *ISO 14062 : Intégration Des Aspects Environnementaux Dans La Conception et Le Développement de Produit*.
- ISO 9000. 2000. *ISO 9000 Systèmes de Management de La Qualité, Principes Essentiels et Vocabulaire*.
- ISOX50-190. 2000. “X 50-190 : Outils de Management, Capitalisation D’expérience.”
- Jacqueson, Loïc. 2002. “Intégration de L’environnement En Entreprise : Proposition D’un Outil de Pilotage Du Processus de Création de Connaissances Environnementales.” PhD Thesis, Ecole Nationale Supérieure d’Arts et Métiers Paris.
- Janin, Marc. 2000. “Demarche D’éco-Conception En Entreprise Un Enjeu : Construire La Coherence Entre Outils et Processus.” PhD Thesis, ENSAM Chambéry.
- Jeanet, Alain. 1998. “Les Objets Intermédiaires Dans La Conception. Elements Pour Une Sociologie Des Processus de Conception.” *Sociologie du travail* 3:291–316.
- Johansson, Glenn. 2001. “Environmental Performance Requirements in Product Development. An Exploratory Study of Two Development Projects.” Linköping University.
- Johansson, Glenn. 2002. “Success Factors for Integration of Ecodesign in Product Development : A Review of State-of-the-Art.” *Environmental Management and Health* 13(197-107).
- Jönbrink, Anna Karin et al. 2013. “Why Use Ecodesign in the Industry 2013 ? A Survey Regarding Barriers and Opportunities Related to Ecodesign.” in *Proceedings of EcoDesign 2013 International Symposium*.
- Karlsson, Reine and Conrad Luttrupp. 2006. “EcoDesign: What’s Happening? An Overview of the Subject Area of EcoDesign and of the Papers in This Special Issue.” *Journal of Cleaner Production* 14(15-16):1291–98.

- Kempf, Hervé. 2009. *Pour Sauver La Planète, Sortez Du Capitalisme*. edited by Seuil. L'Histoire immédiate.
- Kerbrat-Orecchioni, Catherine. 2005. *Le Discours En Interaction*.
- Koike and Eric Blanco. 2005. "Interface Issues into Life Cycle Engineering Agenda: Evidences from the Relationships between Design Engineering and Logistics." in *CIRP LCE*.
- Kozemjakin, Miriam, Tatiana Reyes Carrillo, and Sébastien Remy. 2013. "On the Potential of Design Rationale for Ecodesign." in *20th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, Singapore, 2013*.
- Krozer, J. and J. C. Vis. 1998. "How to Get LCA in the Right Direction?" *Journal of Cleaner Production* 6(1):53–61.
- Kunz, W. and H. W. .. Rittel. 1970. "Issues as Elements of Information Systems." *Berkeley, California: Institute of Urban and Regional Development, University of California* 131.
- Kuo, Tsai Chi. 2010. "The Construction of a Collaborative-Design Platform to Support Waste Electrical and Electronic Equipment Recycling." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 26(1):100–108.
- Lagerstedt, Jessica. 2003. "Functional and Environmental Factors in Early Phases of Product Development - Eco Functional Matrix." *Maskinkonstruktion*.
- Latouche, Serge. 2003. *Objectif Décroissance*. Parangon.
- Lemagnen, Maud, Fabrice Mathieux, Bertrand Laratte, and Daniel Brissaud. 2009. "Assessment of Chemical Risk during Product Life Cycle : A New Method to Be Used during Product Design." in *16th International CIRP Conference on Life Cycle Engineering*.
- Lenox, Michael, Ben Jordan, and John Ehrenfeld. 1996. "The Diffusion of Design for Environment : A Survey of Current Practice." in *Proceedings of the 1996 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*. Dallas, USA.
- Longueville, Barthélémy and Aurélie Dudézert. 2003. "MYSMAC : Une Méthode D ' Analyse et de Suivi Des Systèmes de Gestion Des Connaissances." in *5ème Congrès International de Génie Industriel (CIGI)*. Laval, Canada.
- Lourdel, Nathalie. 2005. "Méthodes Pédagogiques et Représentation de La Compréhension Du Développement Durable : Application À La Formation Des Élèves Ingénieurs." Phd thesis, Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne et de l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne.
- Luttrupp, Conrad and Jessica Lagerstedt. 2006. "EcoDesign and The Ten Golden Rules: Generic Advice for Merging Environmental Aspects into Product Development." *Journal of Cleaner Production* 14(15-16):1396–1408.
- Mack, M. 1995. "L'organisation Apprenante Comme Système de Transformation de La Connaissance En Valeur, Organisations et Savoirs." *Revue Française de Gestion* sept/oct:43–48.

- Malone, T. and K. Crowston. 1994. "The Interdisciplinary Study of Coordination." *ACM Computing Surveys* 26(March):87–119.
- Manzini, Ezio. 2009. "New Design Knowledge." *Design Studies* 30(1):4–12.
- Maplecroft. 2013. *Climate Change and Environmental Risk Atlas*.
- Maris, Bernard. 2003. *Antimanuel D'économie*. Editions B.
- Markus, M. Lynne. 2001. "Toward a Theory of Knowledge Reuse : Types of Knowledge Reuse Situations and ..." *Journal of Management Information Systems* 18(1):57–93.
- Matheys, Julien, Wout Van Autenboer, Jean-marc Timmermans, Joeri Van Mierlo, and Peter Van Den Bossche. 2007. "LCA Case Studies Influence of Functional Unit on the Life Cycle Assessment of Traction Batteries." *International Journal of Life Cycle Assessment* 12(3):191–96.
- Mekonnen, Mesfin M. and Arjen Y. Hoekstra. 2012. "A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products." *Ecosystems* 15(3):401–15.
- Mer, Stephane. 1998. "Les Mondes et Les Outils de La Conception. Pour Une Approche Socio-Technique de La Conception de Produit." PhD Thesis, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Michelin, Fabien, Flore Vallet, Tatiana Reyes, Benoît Eynard, and V. .. Duong. 2014. "Integration of Environmental Criteria in the Co-Design Process: Case Study of the Client/supplier Relationship in the French Mechanical Industry." in *ICED 2014*.
- Midler, Christophe. 1993. *L'Auto Qui N'existait Pas*. DUNOD.
- Millet, D., L. Bistagnino, C. Lanzavecchia, R. Camous, and Tiiu Poldma. 2007. "Does the Potential of the Use of LCA Match the Design Team Needs?" *Journal of Cleaner Production* 15(4):335–46.
- Millet, D., C. Coppens, L. Jacqueson, R. Le Borgne, and P. Tonnelier. 2003. *Intégration de L'environnement En Conception. L'entreprise et Le Développement Durable*. Hermes. Paris.
- Ministère de l'éducation nationale. 2011. "Programme STi2D." *Journal officiel de la république française*.
- Montalbo, Trisha, J. Gregory, and R. Kirchain. 2011. "Life Cycle Assessment of Hand Drying Systems." *Massachusetts Institute of Technology* 113.
- Mougin, Jonathan, Jean-françois Boujut, Franck Pourroy, and Grégory Poussier. 2015. "Modelling Knowledge Transfer: A Knowledge Dynamics Perspective." *Concurrent Engineering: Research and Applications*.
- NFX50151. 2007. *NF X 50-151 Expression Fonctionnelle Du Besoin et Cahier Des Charges Fonctionnel*.
- Nielsen, P. H. and H. Wenzel. 2002. "Integration of Environmental Aspects in Product

- Development: A Stepwise Procedure Based on Quantitative Life Cycle Assessment.” *Journal of Cleaner Production* 10(3):247–57.
- Nonaka, Ikujiro. 1994. “A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation.” *Organization Science* 5(1):14–37.
- Nonaka, Ikujiro, Ryoko Toyama, and Noboru Konno. 2000. “SECI, Ba and Leadership: A Unified Model of Dynamic Knowledge Creation.” *Long Range Planning* 33:5–34.
- Novak, Jasminko and Michael Wurst. 2005. “Collaborative Knowledge Visualisation for Collaborative Knowledge Visualisation for Cross-Community Learning.” *Knowledge Visualization and Information Visualization – Searching for Synergies* (January).
- OCDE. 2001. “Gestion Du Savoir et Des Connaissances: Apprendre En Comparant Les Expériences Des Entreprises Du Secteur Privé et Des Organisations Du Secteur Public.” in *Forum Copenhagen 8-9 Février 2001*.
- Orée. n.d. “Plateforme Orée.” Retrieved (<http://ecoconception.oree.org/>).
- Pahl, G. and W. Beitz. 1996. *Engineering Design a Systematic Approach*. Springer.
- Parent, A. 1997. “Analysing Design-Oriented Dialogues : A Case Study in Conceptual Data Modelling.” *Design Studies* 18(1):43–66.
- Peeters, J. R. and K. Dewulf. 2012. “Design for End of Life: A Design Methodology for the Early Stages of an Innovation Process.” *Proceedings of the 14th International Conference on Engineering and Product Design Education: Design Education for Future Wellbeing, EPDE 2012* (September):185–92.
- Peillon, Sophie, Xavier Boucher, and Christine Jakubowicz. 2006. “Du Concept de Communauté À Celui de « Ba » Le Groupe Comme Dispositif D’innovation.” *Revue Française de Gestion* 4(163):73–90.
- Pigosso, DCA and SR Sousa. 2011. “Life Cycle Assessment (LCA): Discussion on Full-Scale and Simplified Assessments to Support the Product Development Process.” *3rd International workshop on advances in cleaner production: Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world*. Retrieved August 27, 2014 (http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/5A/6/Pigosso_DCA - Abstract - 5A6.pdf).
- Pilot, Ecodesign. 2015. “ECODESIGN Pilot.” Retrieved (<http://www.ecodesign.at/pilot/ONLINE/FRANCAIS/INDEX.HTM>).
- Pimapunsri, Kusol and Serge Tichkiewitch. 2013. “Integrated Design Approach for Solving Complexity of Design Problem.” *American Journal of Operations Research* 03(01):138–46.
- Platon. 360BC. *Théétète*.
- Le Pochat, Stéphane. 2005. “Intégration de L’éco-Conception Dans Les PME : Proposition D’une Méthode D’appropriation de Savoir-Faire Pour La Conception Environnementale Des Produits.” PhD Thesis, Ecole Nationale Supérieure d’Arts et Métiers Paris.

- Le Pochat, Stéphane, Gwenola Bertoluci, and Daniel Froelich. 2006. "Integrating Ecodesign by Conducting Changes in SMEs." *Journal of Cleaner Production* 15(7):671–80.
- Polanyi, M. 1966. *The Tacit Dimension*. Paul, London: Routledge & Kegan.
- Pons, Marie-Noëlle. 2008. "Analyse Du Cycle de Vie : Comment Choisir Un Logiciel." *Techniques de l'ingénieur* G6350v2:1–15.
- Poveda, Olivier. 2001. "Pilotage Technique Des Projets D'ingénierie Simultanée, Modélisation Des Processus, Analyse et Instrumentation." edited by M. Nielsen et al., PhD Thesis, Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Prax, Jean-Yves. 2000. *Le Guide Knowledge Management : Concepts Et Pratiques Du Management De La Connaissance*. edited by Dunod.
- Prinçaud, Marion. 2011. "Développement D'un Outil D'aide À La Décision Environnementale Basé Sur l'Analyse de Cycle de Vie Intégré Au Processus de Conception."
- Prudhomme, Guy. 1999. "Le Processus de Conception de Systèmes Mécaniques et Son Enseignement." PhD Thesis, Université Joseph Fourier.
- Prudhomme, Guy, Jean-françois Boujut, and Franck Pourroy. 2005. "Activité de Conception et Instrumentation de La Dynamique Des Connaissances Locales." Pp. 413–36 in *Ingénierie des connaissances*, edited by R. Teulier, J. Charlet, and P. Tchounikine. L'Harmattan.
- Prudhomme, Guy, Franck Pourroy, and Kristine Lund. 2007. "An Empirical Study of Engineering Knowledge Dynamics in a Design Situation." *Journal of Design Research* 6(3):333–58.
- Purcell, Rebecca, Fergal Mcgrath, and St Patrick. 2010. "The Search for External Knowledge." *Electronics Journal of Knowledge Management* 11(2):158–67.
- Purcell, T., J. Gero, H. Edwards, and E. Matka. 1994. "Design Fixation and Intelligent Design Aids." *Artificial Intelligence in Design* 483–96.
- Rabai, Yacine. 2013. "L'évolution Du Mix Électrique Dans Le Monde Entre 1980 et 2010." *Chiffres & Statistiques, Commissariat général au développement durable* (n°406):1–6.
- Raherimandimby, Hasina Ravononarimanga, Denis Le Boulch, Denis Bouyssou, and Michel Grundstein. 2009. "Environmental Notions Representation and Description: Towards a Redefinition of the Relationships between Information Systems Development and Individual Cognition." in *Information Technologies in Environmental Engineering, Environmental Science and Engineering*. Springer.
- Ramani, Karthik et al. 2010. "Integrated Sustainable Life Cycle Design: A Review." *Journal of Mechanical Design* 132(9):091004–15.
- Reeder, Blaine and Anne M. Turner. 2011. "Scenario-Based Design: A Method for Connecting Information System Design with Public Health Operations and Emergency Management." *Journal of Biomedical Informatics* 44(6):978–88.
- Reyes, Tatiana. 2007. "L'éco-Conception Dans Les PME : Les Mécanismes Du Cheval de

- Troie Méthodologique et Du Choix de Trajectoires Comme Vecteurs D'intégration de L'environnement En Conception." PhD thesis, Université du Sud Toulon-Var.
- Richeson, Andrea. 2002. "Personas : A Literature Review." 1–7.
- Rifkin, Jeremy. 2011. *La Troisième Révolution Industrielle*. Babel.
- Rio, Maud. 2012. "A L'interface de L'ingénierie et de L'analyse Environnementale : Fédération Pour Une Éco--conception Proactive." PhD Thesis, UTT.
- Rosson, Mary Beth and John M. Carroll. 2002. "Scenario-Based Design." Pp. 1032–50 in *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*, edited by J. Jacko & A. Sears (Eds.).
- Roucoules, Lionel and Serge Tichkiewitch. 2000. "CoDE: A Cooperative Design Environment - A New Generation of CAD Systems." *Concurrent Engineering* 8(4):263–80.
- Scaravetti, Dominique. 2004. "Formalisation Préalable D'un Problème de Conception Pour L'aide À La Décision En Conception Préliminaire." PhD thesis, École Nationale Supérieure D'arts et Métiers.
- Shigehisa, T. 1993. "Improving Knowledge Creation Ability through Organizational Learning." in *ISMICK Proceedings, International Symposium on the Management of Industrial and Corporate Knowledge, UTC Compiègne*.
- Siemieniuch, C. E. and M. A. Sinclair. 1999. "Organizational Aspects of Knowledge Lifecycle Management in Manufacturing." *International Journal of Human-Computer Studies* 51:517–47.
- Simon, H. A. 1969. *The Sciences of the Artificial*. 3rd, rev. edited by MIT Press.
- Steen, Bengt. 2005. "Describing Values in Relation to Choices in LCA." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 11(4):277–83.
- Stenzel, Ingo and Franck Pourroy. 2007. "Integration of Experimental and Computational Analysis in the Product Development and Proposals for the Sharing of Technical Knowledge." *International Journal on Interactive Design and Manufacturing* 2(1):1–8.
- Suh, Nam Pyo. 1990. *The Principles of Design*. edited by U. Oxford University press.
- Suh, Nam Pyo. 2001. *Axiomatic Design: Advances and Application*. edited by N. Y. Oxford University Press.
- Takeuchi, H. and Ikujiro Nonaka. 1986. "The New New Product Development Game." *Harvard Business Review* (January):1–137 – 146.
- Tanguy, Corinne and D. Villavicencio. 2000. *Apprentissage et Innovation Dans L'entreprise : Une Approche Socio-Économique Des Connaissances*. edited by Eres.
- Teulon, Hélène and Benjamin Canaguier. 2012. "Seeds4Green – Free Collaborative Internet Platform for LCA Studies." Pp. 1–4 in *Electronics Goes Green, Berlin, 9-12 Sept. 2012*.

- Tichkiewitch, S. and M. Véron. 1997. "Methodology and Product Model for Integrated Design Using a Multiview System." *CIRP Annals - Manufacturing Technology* 46(1):81–84.
- Tichkiewitch, Serge. 2014. "Historique de La Conception Intégrée." in *Séminaire CPP G-Scop*.
- Tounkara, Thierno, Nada Matta, Jean-louis Ermine, and Christophe Coppens. 2002. "L'appropriation Des Connaissances Avec MASK." Pp. 73–81 in *Extraction et gestion des connaissances EGC'2002*.
- Troussier, Nadege, Franck Pourroy, Michel Tollenaere, and B. Trébucq. 1999. "Information Structuring for Use and Reuse of Mechanical Analysis Models in Engineering Design." *Journal of Intelligent Manufacturing* 10(1):61–71.
- UE. 2012. "Sustainability Maker." Retrieved (http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=4409).
- UICN. 2014. "La Liste Rouge Des Espèces Menacées En France."
- United Nations. 1992. *Agenda 21 : The United Nations Program of Actions from Rio*. Rio de Janeiro Brazil.
- Vallet, Flore et al. 2012. "Using Eco-Design Tools: An Overview of Experts' Practices." *Design Studies* 34(3):345–77.
- Vezzoli, Carlo and Dalia Sciama. 2006. "Life Cycle Design: From General Methods to Product Type Specific Guidelines and Checklists: A Method Adopted to Develop a Set of Guidelines/checklist Handbook for the Eco-Efficient Design of NECTA Vending Machines." *Journal of Cleaner Production* 14(15-16):1319–25.
- Vinck, Dominique. 1992. "Du Laboratoire Aux Réseaux. Le Travail Scientifique En Mutation." *Office des Publications Officielles des Communautés Européennes*.
- Vinck, Dominique. 1999. "Interfaces Homme-Machine." in *Connaissances et savoir-faire en entreprise*, edited by Hermes.
- Vinck, Dominique. 2009. "« De L'objet Intermédiaire À L'objet-Frontière » Vers La Prise En Compte Du Travail D'équipement." *Revue d'anthropologie des connaissances* 3:51–72.
- Visser, Willemien. 2009a. "Design: One, but in Different Forms." *Design Studies* 30(3):187–223.
- Visser, Willemien. 2009b. "La Conception : De La Résolution de Problèmes À La Construction de Représentations." *Le Travail Humain* 72(1):61–78.
- Vital, Xavier. 2006. *Eco'DEEE : Ecoconception Des Produits Électriques et Électroniques En Vue Du Recyclage*.
- Wenger, Etienne, Richard Arnold McDermott, and William Snyder. 2002. *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*. edited by H. B. Press.
- Wilson, T. D. 2002. "The Nonsense of ' Knowledge Management '." *Information Research*

8(1):1–25.

Zaraket, Toufic, Bernard Yannou, Yann Leroy, Stéphanie Minel, and Emilie Chapotot. 2015. “An Occupant-Based Energy Consumption Model for User-Focused Design of Residential Buildings.” *Journal of Mechanical Design, American Society of Mechanical Engineers (ASME)* (Special issue on “User Needs and Preferences in Design Engineering”):1–11.

Zhang, Feng et al. 2013. “Toward an Systemic Navigation Framework to Integrate Sustainable Development into the Company.” *Journal of Cleaner Production* 54:199–214.

Zwolinski, Peggy. 2007. “Conception Intégrée de Produits Durables : De L’éco-Conception Aux Nouveaux Paradigmes de Production et de Consommation.” Habilitation à Diriger des Recherches, Université Joseph Fourier.

Zwolinski, Peggy. 2013. “Conception Intégrée de Produit Durable :de L’écoconception Aux Nouveau Paradigmes de Production et de Consommation.” Pp. 17–29 in *Eco-conception, conception et innovation Les nouveaux défis de l’entreprise*, edited by L’Harmattant.

Zwolinski, Peggy, Guy Prudhomme, and Daniel Brissaud. 2004. “Towards Methods and Tools for Integration and Co-Operation.” Pp. 224–33 in *CIRP*.

Annexe 1

Cette annexe contient les scénarios utilisés dans notre étude.

I. Contexte.....	2
A. Entreprise.....	2
B. Persona	2
1. Emma Tournesol, Responsable Environnement	2
2. Laszlo Carreidas, Directeur de Supercolor	2
3. Calys Hippolyte, Professeur	2
4. Mr Baxter, Consultant	2
5. Elise, Ingénieur.....	2
II. Scénario n°1 : Adaptation à une réglementation.....	3
A. Synopsis	3
B. Scénario problème	3
C. Scénario utilisation	4
III. Scénario n°2 : Consultation d'un expert	4
A. Synopsis	4
B. Scénario n°2-1 : Proposition de piste d'écoconception	4
1. Synopsis.....	4
2. Scénario problème	5
3. Scénario utilisation	5
C. Scénario n°2-2 : Construction d'une formation	6
1. Synopsis.....	6
2. Scénario problème	6
3. Scénario utilisation	6
D. Scénarios 2-3 : Adaptation d'un logiciel	7
1. Synopsis.....	7
2. Scénario problème	7
3. Scénario utilisation	7
IV. Scénario n°3 : Réaliser une ACV.....	7
A. Synopsis	7
B. Scénario 3-1 : Réalisation d'une première ACV	7
1. Synopsis.....	7
2. Scénario problème	8
3. Scénario utilisation	8
C. Scénario 3-2 : Application d'une procédure d'ACV	9
1. Description	9
2. Scénario problème	9
3. Scénario utilisation	10

I. Contexte

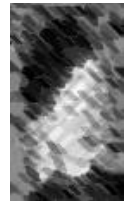
A. Entreprise

L'entreprise Supercolor est une PME française. Elle est spécialisée dans la conception et production de mobilier urbain. Elle est composée de 75 personnes réparties sur 2 sites distants de 70km. L'un est plutôt administratif tandis que l'autre est industriel.

B. Persona

1. Emma Tournesol, Responsable Environnement

Elle a été recrutée après un stage au sein de Supercolor. Elle intègre le service Qualité, Sécurité et Environnement. Elle est en charge de tout ce qui concerne l'environnement de l'entreprise. Notamment, elle réalise des ACV sur les produits de la gamme. Sa formation comporte une part environnementale mais son expérience pratique dans ce domaine est assez faible.



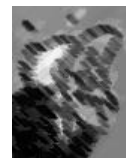
2. Laszlo Carreidas, Directeur de Supercolor

Il dirige Supercolor depuis 10 ans. Il estime que la prise en compte de l'environnement peut être un moyen d'augmenter ses profits. Il souhaite, par exemple, communiquer sur l'impact environnemental de ses produits. Cependant, il ne désire pas investir énormément ni trop modifier le fonctionnement de son entreprise.



3. Calys Hippolyte, Professeur

Il est professeur en école d'ingénieur où il intervient dans des enseignements de sciences environnementales notamment au sujet des aspects réglementaires. Cette expertise l'a amenée à collaborer au sein d'organisme de normalisation. Emma a été une de ses élèves.



4. Mr Baxter, Consultant

Il possède une formation initiale d'ingénieur mécanique. Cependant, il travaille depuis de très nombreuses années dans le domaine du conseil environnemental. Il intervient dans les entreprises pour réaliser des formations sur l'écoconception ou des analyses de cycles de vie. Globalement, il assiste les acteurs dans la mise en place de ces démarches.



5. Elise, Ingénieur

Elle travaille à Supercolor au sein du bureau d'étude. Elle est chargée du développement technique des produits. C'est-à-dire qu'à partir du cahier des charges marketing, elle réalise la conception sur ordinateur et une fois qu'elle a effectué la mise en plan, elle transmet les nomenclatures et dessins techniques à l'usine. Elle a suivi une courte formation à l'écoconception en utilisant notamment un logiciel d'ACV simplifié.



II. Scénario n°1 : Adaptation à une réglementation

A. Synopsis

Une nouvelle réglementation environnementale concernant les produits électroniques doit rentrer en vigueur. Selon la taille des produits, une déclaration environnementale doit être réalisée auprès d'un organisme. Elle doit comporter des informations dans un format imposé. Supercolor est potentiellement touchée car certains de ses produits comportent des systèmes électroniques. La responsable environnement doit rédiger un plan d'action afin que l'entreprise anticipe cette réglementation.

B. Scénario problème

Depuis la publication de la nouvelle réglementation environnementale, 6 mois se sont écoulés avant qu'Emma en soit informée par un hasard total. Pourtant, le syndicat de la profession avait informé tous ses membres à travers sa newsletter. Emma n'y est pas abonnée car c'est la responsable « *communication* » de l'entreprise qui les reçoit. De plus, cet e-mail a été perdu parmi les nombreux qu'elle reçoit quotidiennement.

Emma se procure cette réglementation et en entame la lecture. Le texte étant très peu accessible, elle souhaite acheter un guide d'application édité par un cabinet de conseil. Après divers aller/retour dans l'entreprise, elle réussit à obtenir le bon de commande pour l'achat. Malheureusement, après lecture, ce guide n'est pas adapté au secteur particulier de Supercolor.

Pour l'aider, elle contacte Calys Hippolyte, un de ses anciens professeurs. Ses activités dans différents organismes de normalisation lui permettent de répondre à une partie de ses questions. Emma, lors d'une pause-café, apprend qu'une réglementation similaire a déjà été traitée par Supercolor quelques années auparavant. Elle tente de retrouver des documents internes mais l'ancien responsable du service juridique a depuis quitté l'entreprise et il est impossible de retrouver ses travaux.

Selon son interprétation de la réglementation, elle développe un plan d'action pour la traduire et l'adapter à l'entreprise. Elle propose que chaque chef de produit remplisse une fiche par l'intermédiaire d'une interface informatique. Sa proposition est présentée au directeur, Laszlo Carreidas, lors d'une réunion. Cependant, son plan se voit refusé car le coût de développement de l'interface serait trop important et les responsables de produits refusent d'y consacrer du temps.

En vérité, les différents acteurs ont été frustrés de découvrir ce plan d'action à la dernière minute. Pour corriger cela, Emma effectue une série d'entretiens avec les personnes concernées pour leur expliquer la nouvelle réglementation et son caractère obligatoire. Elle peut ainsi comprendre leurs contraintes et se rend compte qu'ils remplissent déjà une base de données similaire à celle envisagée. Après de multiples itérations, elle présente à nouveau ses propositions et le plan est validé.

Malheureusement, peu de temps après, Emma quitte Supercolor. Le service environnement est réorganisé et le nouveau responsable doit à présent comprendre et mettre en place la procédure développée par Emma.

C. Scénario utilisation

Emma dispose d'un navigateur informatique qui regroupe différents onglets avec, entre autres, son client de messagerie, son agenda, son réseau social et un fil d'actualité dédié à l'écoconception. Elle a renseigné ses centres d'intérêts pour recevoir des alertes précises. Elle a justement une alerte provenant du syndicat concernant l'apparition d'une nouvelle réglementation. Elle clique sur la *news* et obtient le texte d'origine mais elle peut également consulter le forum thématique qui y est lié. Sur ce forum, des acteurs, d'autres entreprises, discutent de cette réglementation. Les discussions sont assez pauvres car la réglementation vient d'apparaître. Elle peut consulter les précédents forums liés à des réglementations similaires.

Elle entame la lecture mais a quelques difficultés à la comprendre. Elle dispose d'un outil pour annoter le texte en faisant apparaître les éléments difficiles. Malgré tout, elle cherche à obtenir de l'aide. Elle identifie facilement dans son réseau social que Calys Hippolyte, un anciens de ses professeurs, a des compétences dans le domaine. Elle lui envoie un e-mail avec ses questions. Il est automatiquement archivé, dans un outil informatique interne à Supercolor dans le « *sujet* » lié à cette réglementation.

Son logiciel, par association de mot-clef, indique aussi qu'un cas similaire a été traité par Supercolor. A cette époque, Emma n'était pas encore embauchée mais son prédécesseur a rédigé un « *sujet* ». Les difficultés ainsi que les solutions y sont archivées. Elle se rend compte que le plan d'action proposé avait été refusé par la direction car il manquait un chiffrage des modifications qu'il allait engendrer. Pendant qu'elle rédige ce plan, elle le partage avec le service comptabilité afin qu'il rajoute les éléments liés au coût.

Une réunion a lieu avec Laszlo Carreidas, le plan est présenté et accepté. Un compte rendu est rédigé. Il va alimenter une fiche enregistrée. Le plan est aussi partagé en direction de l'intégralité des salariés Supercolor.

III. Scénario n°2 : Consultation d'un expert

A. Synopsis

Lorsque des compétences sont manquantes au sein d'une entreprise, elle peut être amenée à faire appel à un consultant extérieur. Les cabinets de conseil fournissent des prestations variées. Ce scénario principal a été découpé selon 3 *épisodes*. Le consultant commence par proposer des pistes d'écoconception (voir III.B) puis il construit une formation pour Supercolor (voir III.C). Enfin, il adapte le logiciel d'ACV pour l'entreprise (voir III.D).

B. Scénario n°2-1 : Proposition de piste d'écoconception

1. Synopsis

L'entreprise Supercolor n'est pas très active en matière d'écoconception. Cependant, elle souhaite savoir ce qu'elle peut faire dans ce domaine. En effet, Laszlo Carreidas, le directeur de Supercolor, aimerait pouvoir communiquer sur l'aspect environnemental de son entreprise. Elle fait appel à un consultant pour lui donner des pistes de re-conception de ses produits.

2. Scénario problème

Emma, la responsable environnement, est un peu débordée. Elle propose de faire appel à cabinet de consultant pour l'aider à engager une démarche d'écoconception sur un produit. La direction accepte notamment car il est possible de bénéficier d'un financement de l'Ademe.

C'est Emma qui est chargée de collaborer avec Mr Baxter, le consultant. Elle a très peu d'expérience et ne sait pas vraiment quoi attendre de cette collaboration. Elle pense qu'il suffit de payer pour obtenir des résultats, d'ailleurs aucune autre ressource humaine n'est allouée à ce projet.

Mr Baxter propose à Emma de faire une ACV sur un produit de la gamme. A partir des résultats, il proposera des pistes d'écoconception. C'est Emma qui choisit un modèle de mobilier. Mais, ne participant pas aux réunions avec le marketing stratégique, elle ignore que ce produit va disparaître du catalogue.

Ensuite, le consultant travaille depuis son cabinet. Il décide du périmètre de l'étude. Il existe peu d'interactions avec Emma. Le consultant a des difficultés pour la collecte de données. Il doit à plusieurs reprises contacter Emma, par e-mail ou téléphone, afin d'obtenir des informations. Vu qu'elle ne les possède pas toujours, le temps pour qu'elle se renseigne est assez conséquent. Mais il réussit quand même à réaliser l'ACV.

En plus du rapport complet, Mr Baxter présente les résultats à Emma, à la direction et à quelques acteurs opérationnels (chef de projet etc...). Il explique la méthodologie utilisée et les hypothèses prises. Malheureusement il reste très technique et beaucoup de participants se perdent dans les termes et la finalité de l'étude.

Le résultat est encore plus décevant lorsque Mr Baxter présente ses pistes d'écoconception. Elles sont, certes, valables et justifiées mais surtout inadaptées au cas de Supercolor. Par exemple, il propose de modifier une partie de la supply-chain et notamment de changer certains fournisseurs afin de minimiser l'impact des transports. Or, les contraintes commerciales font que ces fournisseurs ne peuvent être modifiés. Les critiques se tournent ensuite vers Emma, à qui l'on reproche de ne pas avoir échangé sur cette collaboration.

3. Scénario utilisation

L'impulsion de la direction vers une démarche d'écoconception est connue dans toute l'entreprise. Cela s'est traduit sous forme de diverses communications (newsletter etc...). Une fois que la proposition d'Emma de faire appel à un consultant a été acceptée par la direction, un « *sujet* » a été créé sur une plateforme informatique interne.

Un « *sujet* » comporte plusieurs couches, l'extérieur comporte des informations très génériques sur ce projet. Elle est consultable par tous les acteurs de l'entreprise. Les couches les plus centrales comportent des informations très précises comme les objectifs de la prestation du cabinet de consultant, les délais, les produits concernés etc... Emma décide de les partager avec le marketing stratégique et des chefs de projet. Ils peuvent ainsi, s'ils le souhaitent, connaître l'avancée du travail, les thématiques abordées etc...

Grâce à cela, le marketing peut alerter Emma que parmi les produits qu'elle envisage d'évaluer une gamme va disparaître. Ils en profitent pour lui parler d'un modèle qu'ils souhaiteraient faire évoluer.

Dans le « *sujet* », Emma archive les échanges qu'elle a avec Mr Baxter. Elle y renseigne notamment les informations qu'il demande, comment elle a obtenu les réponses etc... Par exemple, elle note qu'on lui a demandé le nom du fournisseur d'un composant et qui est l'acheteur qui lui a indiqué la réponse. Chaque échange peut être commenté par les participants au « *sujet* ». Ainsi l'acheteur peut indiquer qu'il s'agit d'un fournisseur « privilégié ».

Toutes ces informations permettent à Emma d'aiguiller Mr Baxter lorsqu'il rédige ses conclusions. Lors de la présentation de l'étude, la plupart des participants ont l'impression d'avoir participé à cette étude. Si bien que leurs questions sont pertinentes tout comme les pistes d'écoconception proposées par le consultant.

C. Scénario n°2-2 : Construction d'une formation

1. *Synopsis*

La réussite de la précédente expérience a motivé l'entreprise Supercolor à former ses acteurs à l'écoconception. Elle entame une collaboration avec un consultant pour construire cette formation.

2. *Scénario problème*

Un projet mené par un consultant a permis de montrer que l'écoconception de certains produits était possible. Le service marketing souhaite commercialiser un banc en revendiquant un label « *green* ». Pour mener cette conception, Emma sollicite un cabinet de conseil pour qu'il réalise une formation de tous les acteurs susceptibles de travailler sur ce projet. Le consultant propose d'organiser une journée dédiée à cette formation.

Les objectifs de cette formation ne sont pas communiqués de façon précise aux services de Supercolor. Les attentes des participants ainsi que leurs formations initiales sont très hétéroclites. Monsieur Baxter a préparé la journée sans aucune interaction avec Emma. Ses exemples ne sont donc pas forcément très pertinents pour le cas de l'entreprise Supercolor. De plus, le niveau n'est pas en total en adéquation avec le public.

C'est pourquoi la formation est un échec total. Le public s'est ennuyé et n'en a rien retenu. La démarche ne sera donc jamais mise en place.

3. *Scénario utilisation*

Supercolor dispose d'un réseau social d'entreprise. Les utilisateurs indiquent leurs formations initiales, centre d'intérêt professionnel, ancienne fonction (même hors de Supercolor). Ainsi, il est possible de connaître les personnes ayant déjà été sensibilisées à cette thématique. Les participants à la journée sont donc choisis de façon pertinente.

La construction de la formation est réalisée par M Baxter mais à travers un document partagé avec Emma. Ainsi, ils peuvent échanger sur le choix des exemples, du vocabulaire ou encore la difficulté des notions abordées.

Pendant la journée de formation, il est possible d'enregistrer ou garder une trace des échanges entre les participants et le consultant. Ainsi, si quelqu'un souhaite revoir cette formation, il disposera de toutes les informations dans un espace numérique dédié.

Ainsi cette journée de formation est une réussite, les acteurs ont appris des choses et ont ensuite engagés des actions pour appliquer des démarches d'écoconception.

D. Scénarios 2-3 : Adaptation d'un logiciel

1. Synopsis

Supercolor a énormément progressé dans le domaine de l'écoconception. Les ingénieurs réalisent de nombreuses ACV à différents moments de la conception afin d'évaluer l'impact des produits conçus. Cependant leur logiciel est très générique et ils doivent par exemple remodeler systématiquement des composants qui leurs sont standards. Ils font appel au consultant pour qu'il adapte leur logiciel d'ACV à Supercolor.

2. Scénario problème

M Baxter travaille de son côté. Mis à part des échanges liés à la collecte de données, il n'y a aucune collaboration avec Emma. Il développe un module pour le logiciel d'ACV, c'est un élément qui évite aux ingénieurs de modéliser les composants à chaque fois. Il le livre à Supercolor.

Le travail effectué par le consultant est utile et permet d'accélérer les réalisations d'ACV. Cependant si un composant est légèrement modifié, les ingénieurs sont incapables de répercuter ces changements au sein du logiciel. En effet, la modélisation est assez difficile car ils ne connaissent pas les hypothèses prises par le consultant. Le module développé est vu comme une « boîte noire » et les ingénieurs ne pas autonome pour la modifier.

3. Scénario utilisation

Lors des échanges, le consultant explique à Emma ses choix de modélisation. Un outil permet à Emma de formaliser le raisonnement de M Baxter qui a amené à faire ces choix. Ainsi, il est plus facile à Emma ou un ingénieur de Supercolor de comprendre comment le module a été paramétré et donc de le modifier.

IV. Scénario n°3 : Réaliser une ACV

A. Synopsis

Supercolor réalise des ACV avec des objectifs variés : choix de conception, certification environnementale... Plusieurs scénarios sont décrits. Dans le premier, une ACV est réalisée pour la première fois. Dans le second scénario, les ACV sont réalisées de façon routinière.

B. Scénario 3-1 : Réalisation d'une première ACV

1. Synopsis

Supercolor décide de réaliser pour la première fois une ACV d'un de leurs produits déjà commercialisé. La direction souhaite communiquer les résultats sur son site internet. Cette analyse est confiée à Emma.

2. Scénario problème

Durant sa scolarité, Emma a étudié l'analyse environnementale de façon succincte. Pour compléter les apports théoriques, elle a réalisé pendant des séances des ACV sur un logiciel très simplifié. C'est donc naturellement qu'elle réutilise ce logiciel pour son étude à Supercolor.

Elle entame la collecte de données du produit choisi. Elle contacte les services afin d'obtenir la nomenclature du produit. Elle constate qu'il en existe différentes versions, les mises à jour n'étant pas toujours effectuées dans les bases de données de l'entreprise. Si bien qu'elle se retrouve obligée de démonter un vrai produit pour vérifier ses composants. Elle a besoin de données techniques précises mais elle a des difficultés à les obtenir auprès des services. Ne se sentant pas concernés, ils accordent peu d'importance aux travaux d'Emma mais il arrive même qu'ils ignorent totalement les informations demandées. Si bien qu'Emma est, quelques fois, obligée d'effectuer elle-même les mesures ou de se tourner directement vers les fournisseurs pour obtenir certaines données. Malheureusement, quand elle réussit à obtenir des éléments, elle ne connaît pas les méthodes qui ont permis de les obtenir (mesure directe, estimation etc...). Le logiciel d'ACV possède une base de données très générique et peu garnie. Il est difficile de retrouver les intitulés de matériaux ou de procédés utilisés par Supercolor. Si bien qu'Emma a souvent recours à des procédés ou matériaux standards du logiciel.

Pour modéliser la phase de transport, elle doit recontacter des services et des fournisseurs. Elle obtient les sites de fabrication de chacun des éléments. Par contre, elle se rend compte plus tard qu'elle a aussi besoin de connaître les types de camions qui ont été utilisés... Elle a des difficultés à organiser le recueil de donnée car elle se perd entre les différents courriels, appels téléphoniques, consultation de documents... Ensuite, elle décide d'exclure la modélisation de la fin de vie. Elle s'attend à ce que le recueil de données soit trop chronophage. Elle estime également que cette phase de vie est sûrement négligeable.

Elle ne sait pas comment comprendre et interpréter les résultats de son étude. Sans référence pour la comparaison, les valeurs des indicateurs sont dénuées de sens. Cela est accentué par leurs dénominations peu explicites. De plus, elle a conscience d'avoir effectué de nombreuses approximations mais elle ne connaît pas l'influence de ces dernières. Elle présente ses résultats pendant une réunion. Mais elle comprend que la direction de Supercolor souhaite, à présent, utiliser l'étude pour obtenir une certification environnementale. Malheureusement, celle-ci impose l'utilisation d'une base de données spécifique.

Supercolor est obligé de faire réaliser une nouvelle ACV sur un nouveau logiciel. Ceci est confié à une autre personne du service environnement de l'entreprise. Cependant, cette dernière n'a pas accès aux échanges qu'Emma a eu avec les services et les fournisseurs. Elle doit donc récolter une fois de plus ces informations ou du moins les consolider en demandant les méthodes de calculs utilisées etc... De plus, elle ne comprend pas tous les choix effectués par Emma dans la précédente étude. Si bien qu'elle se retrouve à réaliser l'étude de 0.

3. Scénario utilisation

La collecte des données est facilitée car Supercolor possède un système d'information, relatif à ses produits et procédés de production, fiable et efficace. Emma obtient la majorité des éléments qu'elle recherche et elle est capable de les enrichir d'informations en précisant par exemple s'il s'agit de données mesurées ou estimées etc... Les informations qui ne sont pas présentes dans les bases de données Supercolor sont demandées directement aux services concernés. Les échanges se déroulent à travers une plateforme informatique et sont archivés. L'utilisation de

cet outil réduit considérablement le nombre de courriels entre les services et permet d'établir une traçabilité des informations. Les outils utilisés par Emma n'étant pas limités au service Environnement, les services sont plus enclins à les utiliser car ils estiment pouvoir y trouver un intérêt. De plus, ils ont conscience qu'à terme, Supercolor leur demande de s'impliquer fortement dans les démarches d'écoconception. Les liens avec les fournisseurs sont réalisés au travers d'un portail internet qui est relié ensuite au système d'information de Supercolor. Ceci permet de limiter les données partagées avec les fournisseurs.

Etant donné qu'Emma réalise pour la première fois une analyse environnementale chez Supercolor, elle ne souhaite pas investir trop de moyens. Cependant, il lui paraît important de capitaliser le plus possible sur ses activités afin qu'elle puisse resservir un jour. Cet objectif est rendu possible par une fonctionnalité de l'outil informatique qu'elle utilise. Elle peut très facilement et rapidement indiquer les problèmes auxquels elle a été confrontée ou les choix qu'elle a réalisés. Elle peut aussi, par exemple, expliquer les raisons qui l'ont amené à effectuer une hypothèse.

Avant la réunion de présentation des résultats de l'ACV, elle a pu rencontrer le responsable environnement d'une autre entreprise. Elle a trouvé ce contact par l'intermédiaire de son réseau social. Cette personne lui a donné des informations sur la compréhension des indicateurs et aussi l'utilisation possible de ces résultats. Il lui a aussi suggéré de réaliser une étude de sensibilité pour les consolider. Pendant, la réunion elle apprend que les objectifs de l'ACV ont changé. Elle doit donc réaliser cette étude avec un logiciel plus complet mais elle sait qu'une grande majorité de son précédent travail va pouvoir être réutilisé.

La nouvelle personne chargée de l'étude peut s'appuyer sur les nombreuses indications laissées par Emma. Même si cela ne lui suffit pas pour conduire entièrement cette ACV, elle gagne énormément de temps sur son travail.

C. Scénario 3-2 : Application d'une procédure d'ACV

1. Description

Supercolor a mis en place une procédure pour la réalisation d'ACV. Il est demandé d'effectuer ces analyses avant la mise en production de chaque nouveau produit conçu. C'est le service « Environnement », en particulier Emma, qui a construit et diffusé cette procédure. Son objectif est de disposer de données pour l'affichage des données environnementales sur le site internet mais aussi pour améliorer l'écoconception des futurs produits. Elise, ingénieur en charge d'une nouvelle gamme, doit réaliser cette analyse.

2. Scénario problème

Elise doit réaliser l'analyse de cycle de vie de chaque produit avant d'en envoyer les plans à l'usine. Elle a bien suivi une formation pour manipuler le nouveau logiciel qu'elle doit utiliser mais elle a du mal à comprendre les finalités de cette activité. De plus, elle ne pense pas que les ingénieurs soient les personnes les plus pertinentes pour ce type de tâche. Mais elle est obligée de suivre cette procédure émise par le service « *environnement* ».

La procédure comporte de nombreuses règles à respecter pour réaliser une ACV. Il est demandé de préciser la consommation électrique de chaque procédé de fabrication mais elle ne doit pas tenir compte des emballages de transport. Elle ne comprend pas pourquoi certains éléments sont

négligés et d'autres non. De plus, ce n'est pas elle qui possède toutes ces données et les services concernés sont peu réactifs pour répondre à ces sollicitations.

Elle doit utiliser un nouveau logiciel d'ACV plus complexe que celui qu'elle avait manipulé lors de sa formation. Son interface est en anglais et les composants et matériaux, pourtant standards pour Supercolor, n'y sont pas présents. Elle ne sait pas comment faire pour modéliser ces éléments absents de la base de données du logiciel.

Pour l'aider dans cette tâche, elle a réussi à retrouver, sur l'intranet de Supercolor, une étude ACV réalisée sur un produit très proche. Cependant, elle dispose uniquement du fichier au format du logiciel. Ainsi, elle est capable de trouver les valeurs des données utilisées mais elle ne comprend pas la méthode de calcul utilisée pour les obtenir. Par exemple, la longueur de soudage réalisée sur un banc est indiquée mais elle ne sait pas s'il s'agit d'une mesure ou d'une estimation.

Une fois cette analyse effectuée, elle a l'impression que ses résultats ont peu de valeur tant elle a réalisé de nombreuses approximations. Elle envoie son analyse au service environnement mais elle n'obtient ni retour ni commentaire. Lassée d'effectuer des tâches sans en comprendre la portée, elle décide « *d'oublier* » cette procédure lors de la prochaine conception qu'elle aura à réaliser.

3. Scénario utilisation

Elise est au courant de certaines activités des autres services de Supercolor. Il arrive que des « *sujets* » soient déposés sur une plateforme informatique interne. Ils récapitulent les activités et leurs objectifs pour être diffusés dans l'entreprise. Ainsi, elle n'est pas surprise quand le service « environnement » impose aux ingénieurs de réaliser des ACV pour les nouveaux produits. Elle consulte plus en détail les raisons et objectifs de cette procédure.

La procédure est décrite sur ce même outil et il est possible de la commenter. Chaque utilisateur peut préciser les points qu'il ne comprend pas ou ses idées pour l'améliorer. De cette façon, Elise fait figurer ses interrogations concernant les raisons de négliger tel ou tel éléments dans l'étude. Emma, du service « environnement », peut y apporter des réponses visibles par tous. Suite à des questions récurrentes, Emma construit et diffuse un « *tutoriel* » pour que chaque utilisateur puisse créer un composant absent de la base de données du logiciel d'ACV.

Les fichiers d'anciennes études ACV sont archivés et facilement retrouvables. Cela fournit une assistance efficace à Elise car elles sont complétées par des explications sur leurs réalisations. En effet, lorsqu'elle survole avec sa souris les données entrées dans le logiciel, elle voit apparaître des explications sur la méthode de calcul, les raisons qui ont menées à cette hypothèse etc... De plus, si les explications ne sont pas évidentes elle peut retrouver la personne qui les a données pour l'interroger directement.

Elise et les autres ingénieurs du bureau d'étude sont plus enclins à participer à cette procédure d'ACV systématique. Ils l'ont améliorée, ce qui facilite leurs tâches, et ont permis au service environnement de disposer de nombreuses données d'ACV.

Annexe 2

Cette annexe présente les documents utilisés pour la réalisation de la situation pilote décrite en chapitre 5. Nous avons aussi regroupé les données observées ainsi que les méthodes de calcul utilisées.

I. Expérience	2
A. Documents préparatoires utilisés	2
1. Formation pré entretien individuel	2
2. Présentation Supercolor	2
3. Le banc d'extérieur « Boiston »	3
B. Consignes	3
C. Tableau ou document support	4
II. Données pré réunion	4
A. Réponses participants	4
1. Participant P1	4
2. Participant P2	6
3. Participant P3	7
4. Participant S	8
5. Participant E	9
B. Comparaison des réponses	10
1. Coefficient de dispersion	10
2. Comparaison des réponses	10
3. Guide de réunion	10
III. Résultats réunion	11
A. Traitement des données	11
1. Grille d'analyse des interactions	11
2. Méthode de calcul	11
3. Détails	11
B. Réunion globale	12
1. Répartition des temps de paroles	12
2. Répartition des échanges entre les participants	12
3. Répartition de la dimension des échanges	12
C. Détails par séquence	13
1. Séquence n°5	13
2. Séquence n°6	14
3. Séquence n°7	15
4. Séquence n°8	16
5. Séquence n°9	17
6. Séquence n°10	18
7. Séquence n°11	19
8. Séquence n°12	20

I. Expérience

A. Documents préparatoires utilisés

1. Formation pré entretien individuel

Le Tableau 1 présent une synthèse exhaustive du document que les participant devait lire avant l'entretien individuel. Il comporte notamment quelques informations sur l'environnement et l'écoconception.

Ecoconception d'un produit
<i>Ecoconcevoir un produit c'est minimiser son impact sur l'environnement tout au long de son cycle de vie et ce dès la phase de conception.</i>
Cycle de vie du produit
<i>On considère un produit selon tout son cycle de vie. On prend notamment en compte ses phases de vie suivantes : l'extraction et l'acheminement des matières premières, sa fabrication, sa distribution, son utilisation et son traitement en fin de vie.</i>
Impact environnemental d'un produit
<i>Un impact environnemental est une modification de l'environnement, négative ou bénéfique résultant totalement ou partiellement d'un produit tout au long de son cycle de vie (ISO 14001). Il existe de nombreux indicateurs permettant de quantifier l'impact environnemental. On peut citer la recyclabilité, la consommation d'eau, les déchets dangereux ou l'eutrophisation de l'eau.</i>
Recyclabilité
<i>Le recyclage permet de retraiter des déchets afin de les réintroduire dans le cycle de production. Il peut être calculé par le ratio entre la masse de composant recyclable du produit et sa masse totale. On peut aussi calculer le ratio entre la masse de composant réellement recyclée et sa masse totale.</i>
Consommation d'eau
<i>Il mesure la quantité d'eau consommé par un produit lors de tout son cycle de vie.</i>
Déchets dangereux
<i>Cet indicateur quantifie la masse de déchet dangereux produit lors du cycle de vie du produit. Un déchet dangereux est un déchet qui nécessite un traitement particulier.</i>
Eutrophisation de l'eau
<i>Cet indicateur permet de caractériser l'enrichissement en nutriment des eaux. Ces nutriments sont responsables de la prolifération d'algues, de l'asphyxie du milieu aquatique ou encore d'intoxication par dégagement de gaz. Il est causé par un apport excessif d'azote et de phosphore.</i>
Coût du produit
<i>Le coût de revient d'un produit est la somme des coûts de production, distribution, d'approvisionnement...</i>
Qualité du produit
<i>Il s'agit de la différence entre la perception du produit par le client et les exigences qu'il en avait.</i>
Délai de mise sur le marché
<i>Il s'agit du temps qui s'est écoulé entre la volonté de créer un produit et sa livraison au client.</i>

Tableau 1. Synthèse du document de préparation

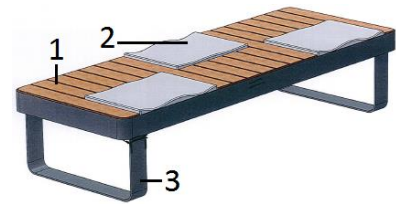
2. Présentation Supercolor

Supercolor © est une PME qui fournit différents types de produit notamment une gamme de mobilier urbain. L'entreprise s'organise autour de différents services. La direction/marketing rédige le cahier des charges des produits et fixe le prix de vente souhaité. Le Bureau d'étude (BE) est chargé de leurs conceptions techniques notamment en parti du choix des matériaux. Le service achat s'occupe du choix des fournisseurs et des approvisionnements. L'usine regroupe les unités de production. Notamment l'unité sciage qui réalise les découpes et toutes les opérations sur le bois, l'unité peinture qui s'occupe des étapes de peinture et vernissage ou encore l'unité assemblage qui assemble en partie ou entièrement les produits avant leur colisage. La logistique a pour champ d'action l'ensemble des éléments liés aux transports

comme la réalisation des colis ou la commande des transporteurs. Le service commercial est en lien avec les clients, il réalise les devis et remplit les bons de commande.

3. Le banc d'extérieur « Boiston »

Son dernier modèle de banc, le Boiston, est composé de différents matériaux. L'assise utilise des lattes en bois (1) pour une masse d'environ 30kg et des modules en béton (2) pour une masse d'environ 17kg. Cet ensemble est posé sur une structure en acier (3) de l'ordre de 35kg.



B. Consignes

Cette partie décrit les consignes que les participants ont reçues avant de commencer l'entretien individuel.

Précautions : Cet exercice n'est pas un test de connaissance ni une évaluation de vos compétences. Il n'y a pas de bonnes réponses. Il doit simplement permettre d'engager une discussion entre les services de Supercolor©.

Caractérisations de liens : Il vous est demandé de caractériser les liens entre des services de Supercolor© et différents indicateurs. Par exemple : « *Pensez-vous que le service logistique a une influence (positive ou négative) sur les délais de mise sur le marché des produits ?* ». Vous avez plusieurs réponses possibles : Je ne sais pas (nsp), aucune influence (0), une très faible influence (1), une faible influence (2), une forte influence (3) ou une très forte influence (4).

Degré de certitude : Il faudra également indiquer votre degré de certitude et les raisons qui peuvent expliquer vos réponses. Pour cela vous disposez de l'échelle suivante mais n'hésitez pas à exprimer à l'oral toutes les informations pouvant la compléter :

Intuition (A)	Il s'agit d'un ressenti personnel, sans forcément de preuve ou d'élément précis : « <i>Je pense que, J'aurai envie de dire que, Cela paraîtrait logique ...</i> »
Preuves légères (B)	Vous avez quelques éléments qui peuvent appuyer votre réponse mais seulement de façon partielle : « <i>J'ai vu un reportage, J'ai déjà rencontré le cas une fois...</i> »
Certitude raisonnable (C)	Plusieurs éléments, expériences ou preuves peuvent confirmer votre réponse : « <i>Plusieurs fois j'ai pu le constater, Cela fait partie des procédures habituels...</i> »
Certitude absolue (D)	Vous êtes convaincu de votre réponse. Vous avez une multitude d'éléments pour appuyer votre réponse.

C. Tableau ou document support

Le tableau suivant devait être rempli par chaque participant :

		<i>Indicateurs affectés</i>						
		Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
<i>Services</i>	BE							
	Commercial marketing							
	Logistique (colis)							
	Achat							
	Usine							
<i>Banc</i>	Latte en bois							
	Module béton							
	Support acier							

II. Données pré réunion

A. Réponses participants

Nous présentons les réponses aux documents supports avant la réunion pour l'ensemble des participants. Nous avons joint la répartition des occurrences des qualificatifs utilisés et celui des certitudes. Pour les participants P1 P2 et P3, nous avons regroupé leurs réponses post réunion. Il faut noter que l'échelle de certitude a évolué entre les différents participants. Pour P1 et P2, il était suggéré de l'utiliser mais pas imposé. Pour les autres participants, il est obligatoire de préciser sa certitude de réponse mais l'échelle n'utilisait que les niveaux A, B et C. Cependant, pour les réponses post réunion P1, P2 et P3 ont obligatoirement utilisés les 4 niveaux de l'échelle. Pour rappel, les réponses possibles sont données dans le tableau suivant :

nsp	0	1	2	3	4
Je ne sais pas	Aucune	très faible	faible	forte	très forte
A	B	C		D	
Intuition	Preuves légères	Certitude raisonnable		Certitude absolue	

1. Participant P1

Participant P1	Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	2B	4	3	4	2	3	2
Commercial marketing	3	0	3	0	0A	0	0
Logistique	4	0	3	4	2	1B	2
Achat	2	2	1	0	NSP	0	1A
Usine	3A	3	1A	3A	3	2	3
Latte en bois	2A	4	1	0B	4	4	4
Module béton				3A	4A	3	3A
Support acier				1B	4B	3	2
				3A	4A	3A	2

Tableau 2. Réponses pré réunion participant P1

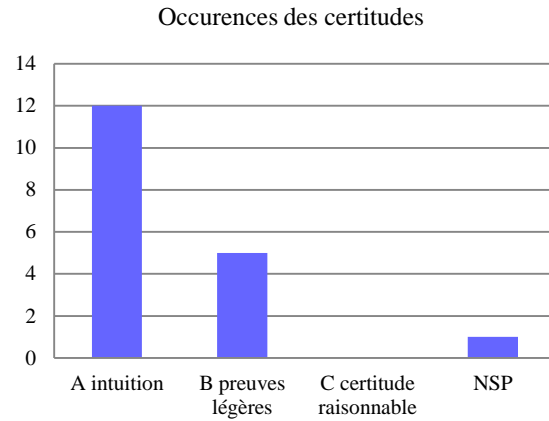
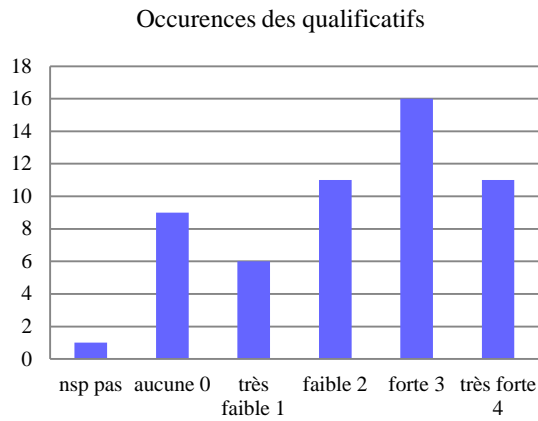


Tableau 3. Occurrences des qualificatifs et certitudes du Participant P1 pré réunion

Participant P1	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	4B	4B	4B	4B
Commercial marketing	3B	3B	3B	3B
Logistique	2B	2B	2B	2B
Achat	0B	2B	2B	0B
Usine	0B	0B	0B	2B
Latte en bois	3B	3B	3B	3B
Module béton	3A	2A	2A	3A
Support acier	3A	3A	1A	3A
Support acier	3A	3A	3A	3A

Tableau 4. Réponses post réunion participant P1

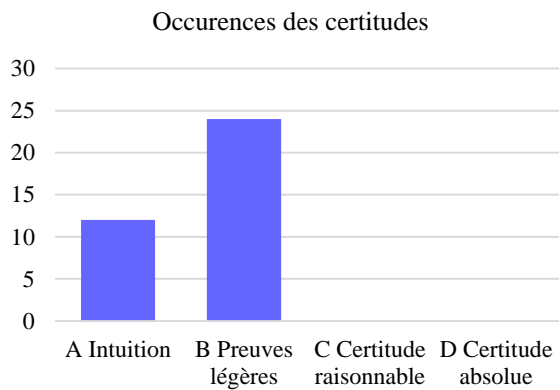
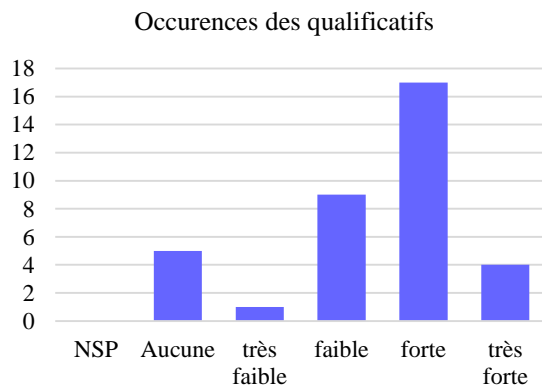


Tableau 5. Occurrences des qualificatifs et certitudes du participant P1 post réunion

2. Participant P2

Participant P2	Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	4	3	3	4	4	4	4
Commercial marketing	2	0	4B	0	0	0	0
Logistique	3B	4	3	0	0	0	0
Achat	4	0	4	0	0	2	2
Usine	2	4	4	4	3	4	4
Latte en bois	4	4	4	0	4	3B	3
Module béton				4	4B	0	4
Support acier				3A	3A	0	4
				4	4	0	4

Tableau 6. Réponses pré réunion participant P2

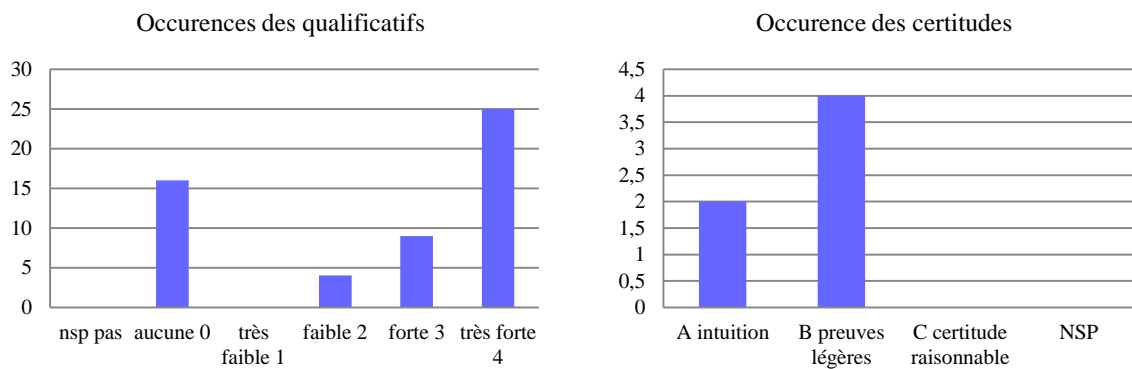


Tableau 7. Occurrences des qualificatifs et certitudes du Participant P2 pré réunion

Participant P2	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	4 - C	4 - C	4 - C	4 - C
Commercial marketing	1 - A	1 - A	1 - A	1 - A
Logistique	3 - A	3 - A	3 - A	3 - A
Achat	0 - C	1 - A	1 - A	2 - A
Usine	3 - A	3 - A	3 - A	3 - A
Latte en bois	0 - D	3 - A	2 - A	2 - A
Module béton	4 - D	4 - B	1 - C	4 - B
Support acier	0 - D	3 - A	0 - D	1 - A
	3 - C	4 - B	0 - B	4 - B

Tableau 8. Réponses post réunion participant P2

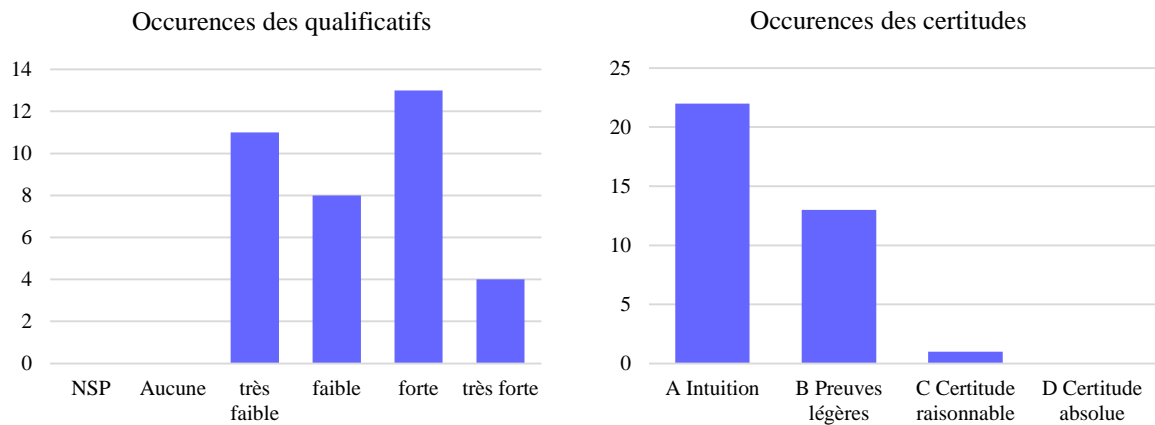


Tableau 9. Occurrences des qualificatifs et certitudes du participant P2 post réunion

3. Participant P3

Participant P3	Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	3B	3B	3A	4B	4A	4A	4A
Commercial marketing	1A	0C	1B	1B	1B	1A	1A
Logistique	2A	2A	2A	3B	3B	3B	3B
Achat	1B	1B	1B	0B	0B	0B	0B
Usine	3B	3B	1B	2A	3A	3A	2A
Latte en bois	3C	3C	3B	3B	4B	4B	4B
Module béton				4B	2A	2A	1A
Support acier				2A	3A	3A	3A
				3B	3A	4A	3A

Tableau 10. Réponses pré réunion participant P3

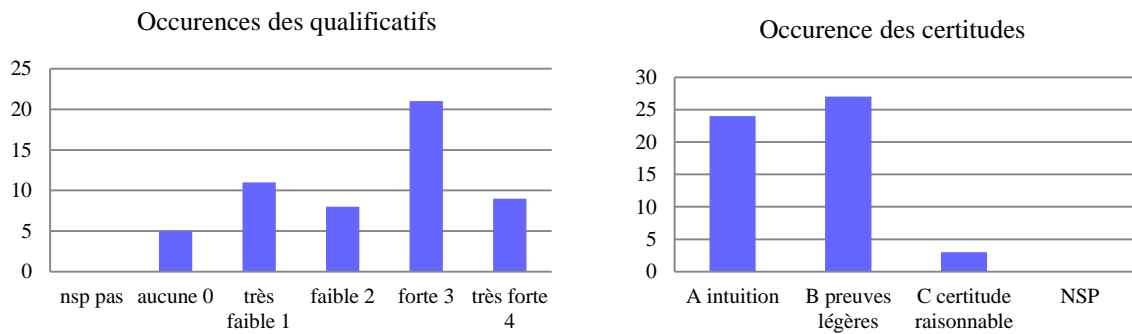


Tableau 11. Occurrences des qualificatifs et certitudes du participant P3 pré réunion

Participant P3	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	4C	3B	3B	3B
Commercial	2A	1A	1A	1A
marketing	3A	2A	3A	2A
Logistique	1B	1B	1B	1B
Achat	1A	1A	1A	1A
Usine	2B	4B	4B	4B
Latte en bois	3B	3A	3B	3A
Module béton	2A	3A	2A	2A
Support acier	3A	3A	3A	2A

Tableau 12. Réponses post réunion participant P3

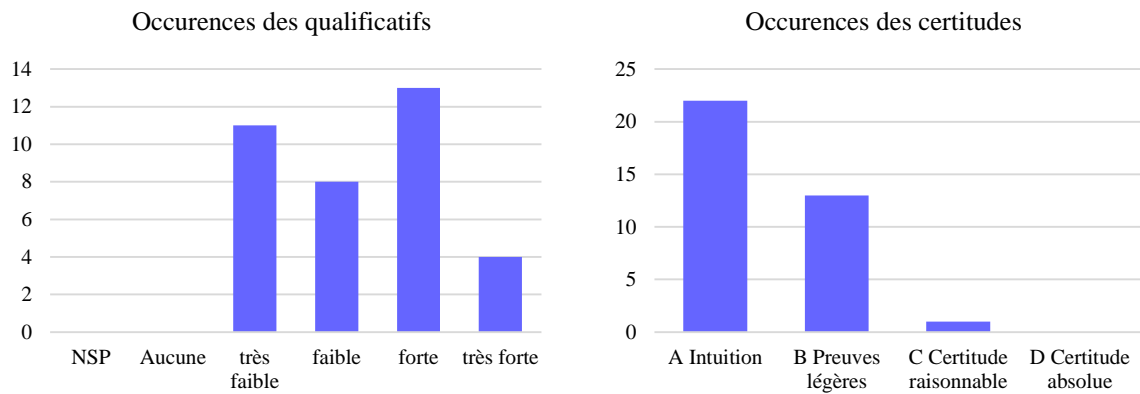


Tableau 13. Occurrences des qualificatifs et certitudes du participant P3 post réunion

4. Participant S

Participant S	Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	3C	4C	4C	4C	3B	4C	3A
Commercial	0B	1B	0B	0B	2A	2A	2A
marketing	4C	3C	4C	4C	4C	4C	4B
Logistique	3B	1A	3B	0B	3B	3B	2A
Achat	4C	4C	3B	4C	3C	3C	3B
Usine	4C	4C	4C	1B	3C	4C	3B
Latte en bois				2C	4C	3B	3A
Module béton				2A	3A	NSP	NSP
Support acier				4C	4C	2B	NSP

Tableau 14. Réponses pré réunion participant S

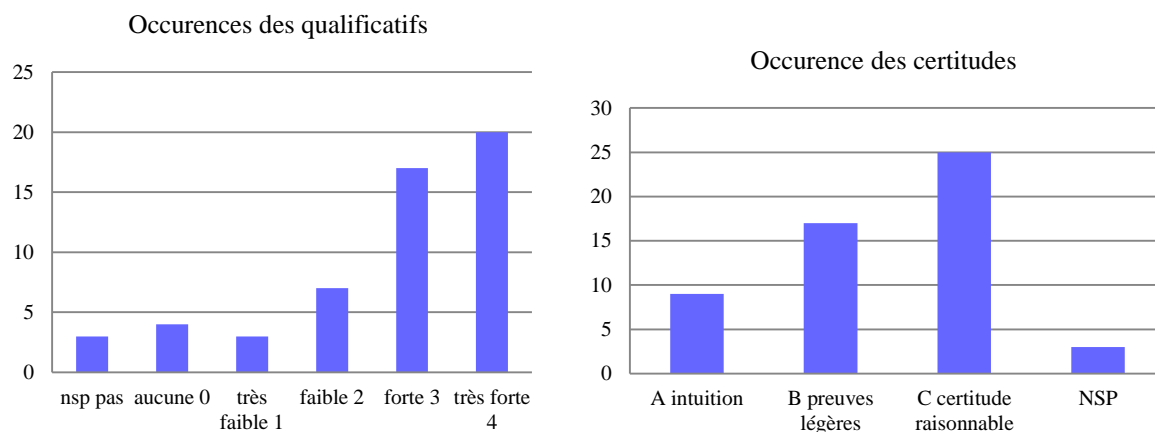


Tableau 15. Occurrences des qualificatifs et certitudes du participant S

5. Participant E

Participant E	Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	4C	4C	4B	4C	4C	4C	4C
Commercial	0C	0C	0B	0C	1B	1B	1B
marketing	4C	3C	4C	4C	3B	3B	3B
Logistique	2C	1C	3C	0C	3B	3B	3B
Achat	4C	4C	4C	4C	3B	3B	3B
Usine	1B	4C	4C	1B	2B	2B	2B
Latte en bois				4C	4C	2B	3B
Module béton				4C	4C	3B	2A
Support acier				4C	4C	3B	2A

Tableau 16. Réponses pré réunion participant E

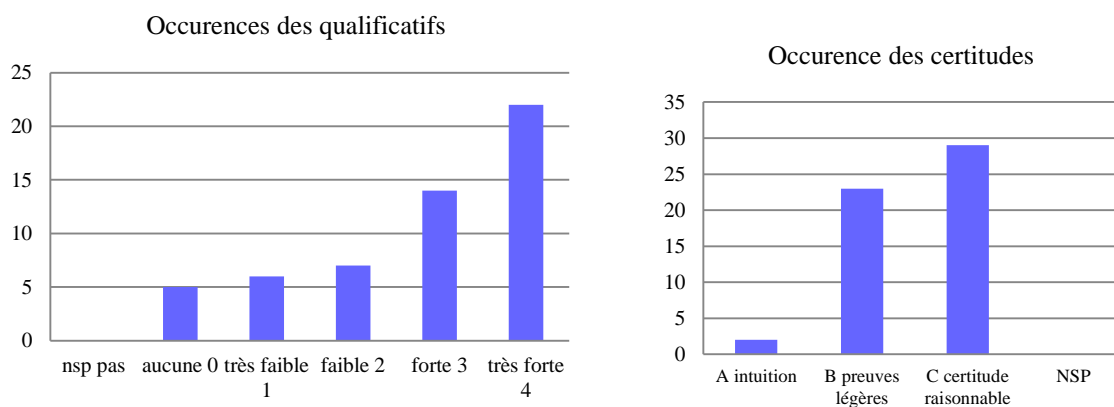


Tableau 17. Occurrences des qualificatifs et certitudes du participant E pré réunion

B. Comparaison des réponses

Les réponses des participants P1, P2, P3, S et E ont été comparées.

1. Coefficient de dispersion

Pour nous aider à identifier les sujets les moins consensuels, nous avons utilisé le coefficient de dispersion ou l'écart-type relatif. Pour une plage de donnée, il est défini comme le quotient de son écart type et de sa moyenne.

2. Comparaison des réponses

Pour chaque service ou élément du banc, nous présentons la moyenne des réponses des participants ainsi que leurs coefficients de dispersion.

		Coût	Qualité du produit	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
BE	Moy	3,2	3,6	3,4	4	3,4	3,8	3,4
	Coef	0,26	0,15	0,16	0,00	0,26	0,12	0,26
Commercial	Moy	1,2	0,2	1,6	0,2	0,8	0,8	0,8
	Coef	1,09	2,24	1,14	2,24	1,05	1,05	1,05
Marketing	Moy	3,4	2,4	3,2	3	2,4	2,2	2,4
	Coef	0,26	0,63	0,26	0,58	0,63	0,75	0,63
Logistique	Moy	2,4	1	2,4	0	1,5	1,6	1,6
	Coef	0,48	0,71	0,56	0,00	1,15	0,95	0,71
Achat	Moy	3,2	3,6	2,6	3,4	3	3	3
	Coef	0,26	0,15	0,58	0,26	0,00	0,24	0,24
Usine	Moy	2,8	3,8	3,2	1	3,4	3,4	3,2
	Coef	0,47	0,12	0,41	1,22	0,26	0,26	0,26
Latte de bois	Moy				3,4	3,6	2	2,8
	Coef				0,26	0,25	0,61	0,39
Module béton	Moy				2,4	3,4	2,25	2,75
	coef				0,48	0,16	0,67	0,35
Structure acier	moy				3,6	3,8	2,4	2,75
	coef				0,15	0,12	0,63	0,35

3. Guide de réunion

Nous avons choisi 12 points de discussion dont 8 en lien avec les indicateurs environnementaux. Ils sont numérotés dans le Tableau 18.

		Indicateurs affectés						
		Coût	Qualité	Délais	Recyclabilité	Consommation d'eau	Déchets dangereux	Eutrophisation de l'eau
Services	BE					N°5		
	Commercial	N°1		N°4	N°8			
	marketing	N°2	N°3				N°11	
	Logistique (colis)					N°9		
	Achat							
	Usine				N°6			
Banc	Latte en bois						N°7	N°12
	Module béton						N°10	
	Support acier							

Tableau 18. Structure de la réunion

III. Résultats réunion

A. Traitement des données

1. Grille d'analyse des interactions

Catégorie	Descriptions	
Métadonnées	Durée	<i>Temps</i>
	Emetteur	<i>Nom d'un participant</i>
	Destinataire	<i>Nom d'un participant</i>
		<i>Collectif</i>
	<i>Ne peut être déterminé</i>	
Sujets	Indicateur	<i>Recyclabilité, Consommation d'eau, Déchets dangereux ou Eutrophisation</i>
	Service	<i>Direction-marketing, BE, Achat, Usine, Logistique ou Commercial</i>
	Certitude ou influence	
	Autre	
Dimensions	Liée à l'exercice	
	Générique	
	Ne peut être déterminée	

2. Méthode de calcul

Les durées des interactions sont utilisées uniquement pour l'analyse des temps de parole. L'étude des autres critères est basée sur les occurrences. Cette information qualitative permet de savoir si un échange comportait un élément de la catégorie considérée. Un échange est une prise de parole d'un participant.

3. Détails

Nous présentons plusieurs résultats :

- La répartition des temps de parole entre les participants selon la durée et le nombre d'échange
- La répartition des échanges entre les participants, cela nous permet d'identifier le nombre d'échange entre 2 participants
- La répartition de la dimension des échanges
- La répartition des sujets des échanges

B. Réunion globale

1. Répartition des temps de paroles

Participants	Temps de parole		Prise de parole	
	Minutes	Répartition	Nombres	Répartition
P1	6	13%	51	19%
P2	7	16%	55	21%
P3	6	13%	44	17%
S	12	27%	54	21%
E	7	15%	35	13%
A	7	16%	23	9%

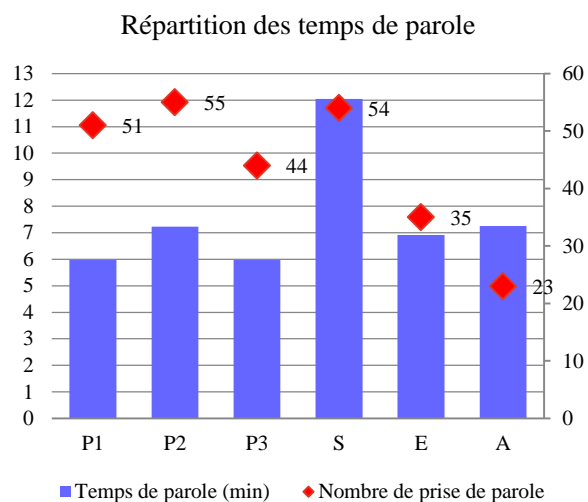


Tableau 19. Répartition des temps de paroles entre les participants sur l'intégralité des séquences

2. Répartition des échanges entre les participants

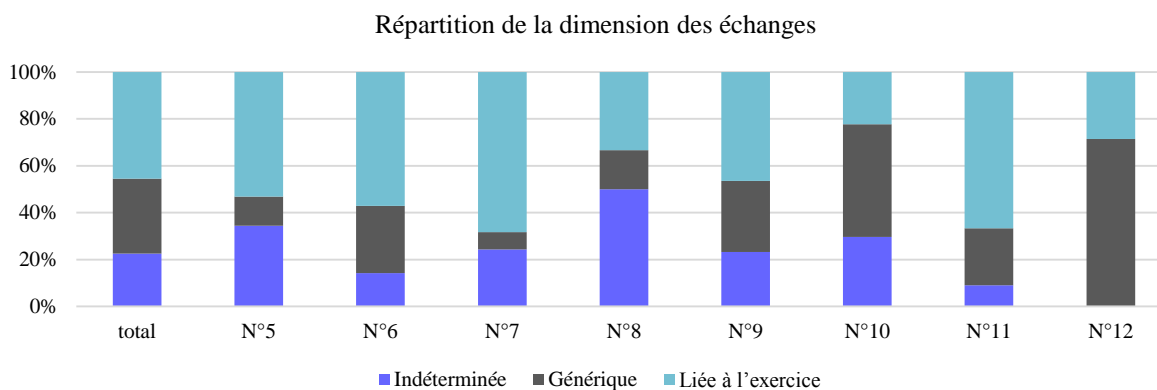
		Destinataire							
		P1	P2	P3	S	E	A	Collectif	Indéterminé
Emetteur	P1		6	2	18	2	9	8	5
	P2	8		9	5	8	13	13	4
	P3	4	10		10	7	2	13	3
	S	23	9	10		1	2	6	8
	E	5	9	11	1		1	12	0
	A	6	5	3	0	0		13	0

Tableau 20. Répartition des échanges entre les participants

3. Répartition de la dimension des échanges

Dimension des échanges	Séquences								
	Total	N°5	N°6	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11	N°12
Indéterminée	23%	34%	14%	24%	50%	23%	30%	9%	0%
Générique	32%	13%	29%	7%	17%	30%	48%	24%	71%
Liée à l'exercice	46%	53%	57%	68%	33%	47%	22%	67%	29%

Tableau 21. Répartition de la dimension des échanges



C. Détails par séquence

Les résultats des 8 séquences étudiées sont présentés et comparés à la séquence totale.

1. Séquence n°5

La séquence n°5 traitant du lien entre le BE et la consommation d'eau (05_eauVSBE) a duré 6 minutes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	05_eauVSBE	%	%total (nb)	05_eauVSBE	%
P1	13%	88,8	22%	19%	10	40%
P2	16%	52,7	13%	21%	9	36%
P3	13%	40	10%	17%	4	16%
S	27%	133,5	33%	21%	9	36%
E	15%	26,2	6%	13%	1	4%
A	16%	64,5	16%	9%	2	8%

Tableau 22. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°5

Dimension des échanges	total	05_eauVSBE
Indéterminée	23%	34%
Générique	32%	13%
Liée à l'exercice	46%	53%

Tableau 23. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°5

	total	%total	05_eauVSBE	%
Autres	134	0,291304348	13	19%
Indicateur	124	27%	18	27%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	13	72%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	1	6%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	1	6%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	3	17%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	12	18%
Services	103	22%	24	36%
<i>Achats</i>	2	2%	1	4%
<i>BE</i>	22	21%	13	54%
<i>Commercial</i>	12	12%	0	0%
<i>Logistique</i>	13	13%	0	0%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	1	4%
<i>Usine</i>	33	32%	9	38%

Tableau 24. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°5

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	1	0	5	0	2	0	2
P2	3	0	1	0	0	3	1	0
P3	2	2	0	0	0	0	0	0
S	7	1	1	0	0	0	1	0
E	0	0	0	0	0	0	1	0
A	1	1	0	0	0	0	1	0

Tableau 25. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°5

2. Séquence n°6

La séquence n°6 traitait du lien entre l'usine et la recyclabilité (06_recyclageVSusine) a duré 3 minutes et 25 secondes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	06_recyclageVSusine	%	%total (nb)	06_recyclageVSusine	%
P1	13%	32,3	17%	19%	6	60%
P2	16%	23,1	12%	21%	3	30%
P3	13%	21,7	11%	17%	2	20%
S	27%	74,1	38%	21%	4	40%
E	15%	0	0%	13%	0	0%
A	16%	41,3	21%	9%	1	10%

Tableau 26. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°6

Dimension des échanges	total	06_recyclageVSusine
Indéterminée	23%	14%
Générique	32%	29%
Liée à l'exercice	46%	57%

Tableau 27. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°6

	total	%total	06_recyclageVSusine	%
Autres	134	0,291304348	3	11%
Indicateur	124	27%	9	32%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	1	11%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	0	0%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	0	0%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	8	89%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	6	21%
Services	103	22%	10	36%
<i>Achats</i>	2	2%	0	0%
<i>BE</i>	22	21%	2	20%
<i>Commercial</i>	12	12%	0	0%
<i>Logistique</i>	13	13%	0	0%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	0	0%
<i>Usine</i>	33	32%	8	80%

Tableau 28. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°6

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	1	0	2	0	0	2	0
P2	1	0	1	0	0	0	2	0
P3	0	0	0	0	0	0	2	0
S	3	1	0	0	0	0	1	0
E	0	0	0	0	0	0	0	0
A	0	0	0	0	0	0	1	0

Tableau 29. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°6

3. Séquence n°7

La séquence n°7 traitait du lien entre les lattes de bois et les déchets dangereux (07_dechetsVSlattebois) a duré 6 minutes et 29 secondes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	07_dechetsVSlattebois	%	%total (nb)	07_dechetsVSlattebois	%
P1	13%	19,2	4%	19%	4	12%
P2	16%	78,1	18%	21%	9	27%
P3	13%	77,7	18%	17%	8	24%
S	27%	89,3	20%	21%	6	18%
E	15%	85,8	20%	13%	7	21%
A	16%	88	20%	9%	3	9%

Tableau 30. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°7

Dimension des échanges	total	07_dechetsVSlattebois
Indéterminée	23%	24%
Générique	32%	7%
Liée à l'exercice	46%	68%

Tableau 31. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°7

	total	%total	07_dechetsVSlattebois	%
Autres	134	29%	41	64%
Indicateur	124	27%	12	19%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	1	8%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	9	75%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	0	0%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	2	17%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	11	17%
Services	103	22%	0	0%
<i>Achats</i>	2	2%	0	0%
<i>BE</i>	22	21%	0	0%
<i>Commercial</i>	12	12%	0	0%
<i>Logistique</i>	13	13%	0	0%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	0	0%
<i>Usine</i>	33	32%	0	0%

Tableau 32. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°7

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	0	0	1	0	0	1	2
P2	0	0	0	2	2	4	1	2
P3	0	1	0	1	3	0	2	2
S	1	3	2	0	0	0	0	1
E	0	4	2	0	0	0	1	0
A	0	3	0	0	0	0	2	0

Tableau 33. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°7

4. Séquence n°8

La séquence n°8 traitait du lien entre le service commercial lattes de bois et la recyclabilité (08_recyclageVScommercial) a duré 5 minutes et 56 secondes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	08_recyclageVScommercial	%	%total (nb)	08_recyclageVScommercial	%
P1	13%	13,5	7%	19%	3	27%
P2	16%	9,9	5%	21%	2	18%
P3	13%	40,1	22%	17%	2	18%
S	27%	32,7	18%	21%	4	36%
E	15%	54,7	30%	13%	2	18%
A	16%	34	18%	9%	1	9%

Tableau 34. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°8

Dimension des échanges	total	08_recyclageVScommercial
Indéterminée	23%	50%
Générique	32%	17%
Liée à l'exercice	46%	33%

Tableau 35. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°8

	total	%total	08_recyclageVScommercial	%
Autres	134	0,291304348	8	22%
Indicateur	124	27%	8	22%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	0	0%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	0	0%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	0	0%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	8	100%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	9	24%
Services	103	22%	12	32%
<i>Achats</i>	2	2%	0	0%
<i>BE</i>	22	21%	0	0%
<i>Commercial</i>	12	12%	12	100%
<i>Logistique</i>	13	13%	0	0%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	0	0%
<i>Usine</i>	33	32%	0	0%

Tableau 36. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°8

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	0	2	1	0	0	1	0
P2	1	0	1	0	0	0	0	0
P3	1	1	0	2	0	0	0	0
S	1	1	2	0	0	0	0	1
E	0	0	0	1	0	0	1	0
A	0	0	1	0	0	0	1	0

Tableau 37. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°8

5. Séquence n°9

La séquence n°9 traitait du lien entre le service logistique et la consommation d'eau (09_eauVSlogistique) a duré 7 minutes et 28 secondes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	09_eauVSlogistique	%	%total (nb)	09_eauVSlogistique	%
P1	13%	36,1	7%	19%	5	14%
P2	16%	47,3	10%	21%	7	20%
P3	13%	74	15%	17%	9	26%
S	27%	187,9	39%	21%	10	29%
E	15%	103,9	21%	13%	7	20%
A	16%	34,2	7%	9%	2	6%

Tableau 38. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°9

Dimension des échanges	total	09_eauVSlogistique
Indéterminée	23%	23%
Générique	32%	30%
Liée à l'exercice	46%	47%

Tableau 39. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°9

	total	%total	09_eauVSlogistique	%
Autres	134	0,291304348	18	26%
Indicateur	124	27%	14	21%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	14	100%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	0	0%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	0	0%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	0	0%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	21	31%
Services	103	22%	15	22%
<i>Achats</i>	2	2%	1	7%
<i>BE</i>	22	21%	0	0%
<i>Commercial</i>	12	12%	0	0%
<i>Logistique</i>	13	13%	13	87%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	0	0%
<i>Usine</i>	33	32%	1	7%

Tableau 40. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°9

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	2	0	1	1	1	0	0
P2	1	0	2	1	1	1	1	0
P3	0	0	0	7	0	1	1	0
S	1	2	3	0	0	1	1	4
E	2	2	3	0	0	0	2	0
A	0	0	1	0	0	0	1	0

Tableau 41. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°9

6. Séquence n°10

La séquence n°10 traitait du lien entre le module béton et les déchets dangereux (10_dechetsVSbeton) a duré 5 minutes et 41 secondes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	10_dechetsVSbeton	%	%total (nb)	10_dechetsVSbeton	%
P1	13%	60,2	15%	19%	10	25%
P2	16%	120,5	30%	21%	12	30%
P3	13%	50,4	13%	17%	7	18%
S	27%	16,8	4%	21%	4	10%
E	15%	72,4	18%	13%	10	25%
A	16%	79,3	20%	9%	7	18%

Tableau 42. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°10

Dimension des échanges	total	10_dechetsVSbeton
Indéterminée	23%	30%
Générique	32%	48%
Liée à l'exercice	46%	22%

Tableau 43. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°10

	total	%total	10_dechetsVSBeton	%
Autres	134	29%	37	50%
Indicateur	124	27%	30	41%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	0	0%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	30	100%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	0	0%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	0	0%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	7	9%
Services	103	22%	0	0%
<i>Achats</i>	2	2%	0	0%
<i>BE</i>	22	21%	0	0%
<i>Commercial</i>	12	12%	0	0%
<i>Logistique</i>	13	13%	0	0%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	0	0%
<i>Usine</i>	33	32%	0	0%

Tableau 44. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°10

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	2	0	0	1	6	0	1
P2	1	0	3	0	4	4	0	2
P3	1	5	0	0	3	0	0	1
S	0	0	0	0	1	1	0	2
E	3	1	6	0	0	1	1	0
A	5	0	0	0	0	0	2	0

Tableau 45. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°10

7. Séquence n°11

La séquence n°11 traitait du lien entre le service marketing et les déchets dangereux (11_dechetsVSmkgdir) a duré 3 minutes et 36 secondes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	11_dechetsVSmkgdir	%	%total (nb)	11_dechetsVSmkgdir	%
P1	13%	29,1	11%	19%	4	14%
P2	16%	63,8	25%	21%	8	29%
P3	13%	34,1	13%	17%	7	25%
S	27%	33,7	13%	21%	4	14%
E	15%	49,6	20%	13%	6	21%
A	16%	42,9	17%	9%	3	11%

Tableau 46. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°11

Dimension des échanges	total	11_dechetsVSmkgdir
Indéterminée	23%	9%
Générique	32%	24%
Liée à l'exercice	46%	67%

Tableau 47. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°11

	total	%total	11_dechetsVSmkgdir	%
Autres	134	29%	12	18%
Indicateur	124	27%	18	28%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	2	11%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	12	67%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	2	11%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	2	11%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	15	23%
Services	103	22%	20	31%
<i>Achats</i>	2	2%	0	0%
<i>BE</i>	22	21%	1	5%
<i>Commercial</i>	12	12%	0	0%
<i>Logistique</i>	13	13%	0	0%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	19	95%
<i>Usine</i>	33	32%	0	0%

Tableau 48. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°11

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	0	0	0	0	0	3	0
P2	0	0	1	0	0	1	7	0
P3	0	1	0	0	0	0	6	0
S	0	1	0	0	0	0	3	0
E	0	2	0	0	0	0	4	0
A	1	1	0	0	0	0	2	0

Tableau 49. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°11

8. Séquence n°12

La séquence n°11 traitait du lien entre les lattes de bois et l'eutrophisation (12_eutrophisationVSlattebois) a duré 5 minutes et 52 secondes.

	Secondes			Occurrences		
	%total (sec)	12_eutrophisationVSlattebois	%	%total (nb)	12_eutrophisationVSlattebois	%
P1	13%	79	22%	19%	9	31%
P2	16%	38,6	11%	21%	5	17%
P3	13%	20,6	6%	17%	5	17%
S	27%	154,8	42%	21%	13	45%
E	15%	22	6%	13%	2	7%
A	16%	50,9	14%	9%	4	14%

Tableau 50. Répartition des temps de parole entre les participants lors de la séquence n°12

Dimension des échanges	total	12_eutrophisationVSlattebois
Indéterminée	23%	0%
Générique	32%	71%
Liée à l'exercice	46%	29%

Tableau 51. Répartition des dimensions des échanges de la séquence n°12

	total	%total	12_eutrophisationVSlattebois	%
Autres	134	29%	2	4%
Indicateur	124	27%	15	26%
<i>Consommation d'eau</i>	35	28%	4	27%
<i>Déchets dangereux</i>	53	43%	1	7%
<i>Eutrophisation</i>	13	10%	10	67%
<i>Recyclabilité</i>	23	19%	0	0%
Niveau d'influence ou certitude	99	22%	18	32%
Services	103	22%	22	39%
<i>Achats</i>	2	2%	0	0%
<i>BE</i>	22	21%	6	27%
<i>Commercial</i>	12	12%	0	0%
<i>Logistique</i>	13	13%	0	0%
<i>Marketing & direction</i>	21	20%	1	5%
<i>Usine</i>	33	32%	15	68%

Tableau 52. Répartition des sujets des échanges de la séquence n°12

	to_P1	to_P2	to_P3	to_S	to_E	to_A	to_Collectif	to_indéterminé
P1	0	0	0	8	0	0	1	0
P2	1	0	0	2	1	0	1	0
P3	0	0	0	0	1	1	2	0
S	10	0	2	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	2	0
A	0	0	1	0	0	0	3	0

Tableau 53. Répartition des échanges entre les participants lors de la séquence n°12

Annexe 3

Cette annexe contient l'ensemble des éléments de descriptions de l'étude empirique décrite en chapitre 6. Il s'agit de la présentation des documents utilisés pendant l'activité. Elle donne également les éléments utilisés pour les observations et l'intégralité des résultats.

I. Expérience	2
A. Cas d'étude	2
1. Supercolor.....	2
2. Supercolor et l'écoconception	2
3. Organisation de Supercolor	2
4. La conception des produits Supercolor.....	3
5. Le banc « Boiston »	3
B. Consignes	4
1. Synthèse.....	4
2. Pistes d'écoconception	4
3. Compte rendu	5
C. Description des documents à disposition des étudiants	5
1. Dossier technique du Boiston	5
2. Notice d'explication du fichier ACV.....	6
II. Données	12
A. Observations pendant l'activité	12
B. Questionnaire post-activité	13
III. Résultats	13
A. Commentaires des observateurs	13
1. Groupe 1	13
2. Groupe 2.....	14
3. Groupe 8.....	14
B. Résultats des observations	15
1. Traitement des données	15
2. Groupe 1	15
3. Groupe 2.....	17
C. Résultats du questionnaire	19
1. Question n°0 « Quel était selon vous l'objectif de cette activité ? ».....	19
2. Question n°1 « Comment avez-vous appréhendé le document d'explication de l'ACV? »	20
3. Question n°2 « Avec ce document, avez-vous été capable de comprendre l'ACV du Boiston ? »	21
4. Question n°3 « Si vous deviez réaliser une ACV d'un nouveau produit de Supercolor, quelle aide pourrait apporter ce document ? »	22
5. Question n°4 « Pour réaliser une ACV, vous pouvez disposer de plusieurs documents, pouvez-vous préciser l'utilité de chacun selon les 5 scénarios suivants ? »	22
6. Questions n°5 et n°5bis « Pensez-vous que la version du document dont vous disposez décrit l'intégralité du modèle ACV du Boiston utilisé dans Bilan Produit? »	25
7. Question n°6 « Pensez-vous être en mesure de réaliser ce type de document lors d'une nouvelle étude ? »	26
8. Question n°7 « Voyez-vous d'autre(s) utilisation(s) à ce type de document ? »	27
9. Question n°8 « Quelles sont pour vous les difficultés de réalisation d'une ACV ? »	27
10. Question n°9 « Donnez 2 avantages et 2 inconvénients que possède ce type de document? ».....	28

I. Expérience

A. Cas d'étude

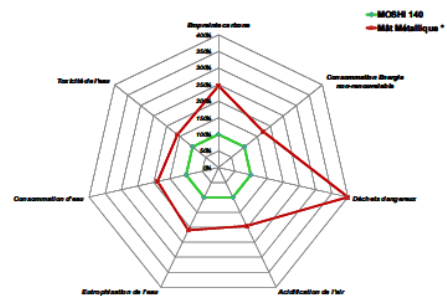
1. Supercolor

L'entreprise Supercolor est une PME française de mobilier urbain. Alors que ce marché est principalement dominé par des solutions métalliques, la spécificité de Supercolor est de proposer des produits à base de bois. Ils peuvent se regrouper en différentes familles : mât d'éclairage, mobilier urbain (Banc, Barrière, Corbeille, jardinière...) et borne (d'éclairage, de rechargement pour voiture électrique...).



2. Supercolor et l'écoconception

Elle a une volonté avérée d'intégrer l'environnement à ses activités afin de disposer d'un avantage commercial. Cette volonté s'est notamment traduite par une démarche de déclaration environnementale de type III. Pour cela, elle évalue l'impact de ses produits grâce à un logiciel d'analyse de cycle de vie. Ils sont comparés à une solution « métallique ». Cette déclaration prend la forme d'un PEP'ecopasseport. Elle souhaite à présent mener des démarches d'écoconception afin de réduire l'impact de ses produits.



3. Organisation de Supercolor

Elle est composée de 75 personnes réparties sur 2 sites distants de 75km. L'un est plutôt administratif tandis que l'autre est industriel. Afin de faciliter le cas d'étude, nous avons simplifié l'organisation de Supercolor en plusieurs services. La *direction/marketing*, décide de créer le produit, rédige son cahier des charges et fixe le prix de vente souhaité. Le Bureau d'études (*BE*) est chargé de la conception et du développement technique. Le service *achat* s'occupe du choix des fournisseurs. L'*usine* regroupe les unités de production. A savoir l'atelier *bois* qui réalise les découpes et toutes les opérations sur le bois, l'atelier *finition* qui s'occupe des étapes de peinture et vernissage ou encore l'atelier *assemblage* qui assemble en partie ou entièrement les produits et réalise leur colisage. Le service qualité, sécurité et environnement (*QSE*) veille au respect des normes de sécurité et environnementales. Il produit également les procédures de qualité et est en charge du suivi des indicateurs. C'est ce service qui est responsable des démarches d'écoconception. La *logistique* a pour champ d'action l'ensemble des éléments liés aux transports comme la

Indicateurs environnementaux	Mobilier bois	Mobilier métallique	Unité	GAN Mobilier bois
Empreinte carbone	736	1 795	kg CO ₂ e	2,5 fois moins
Appauvrissement de la couche d'ozone	0,17	0,66	g CFC ₁₂ e	2,2 fois plus
Pollution photochimique	263	236	g C ₂ H ₄ e	1,1 fois plus
Acidification de l'air	102	239	g SO ₂ e	2,5 fois moins
Toxicité de l'air	1,07 E+05	3,15E+05	μg PO ₄ e	1,9 fois moins
Contamination de l'eau	187	35,3	μg PO ₄ e	2,1 fois moins
Toxicité de l'eau	118	190	μg PO ₄ e	1,6 fois moins
Consommation d'eau	9,9	67	m ³	1,9 fois moins
Déchets dangereux	12,1	65,9	kg	5,7 fois moins
Qualité des matériaux utilisés	1,6E-14	7,8 E-14	Avance	5,2 fois moins
Consommation d'énergie renouvelable	3,273	5 661	kWh	1,7 fois moins

Figure 1. Exemple d'un PEP'ecopasseport

commande des transporteurs, l’approvisionnement ou la gestion des stocks. Le service *commercial* est en lien avec les clients, il réalise les devis et remplit les bons de commande.

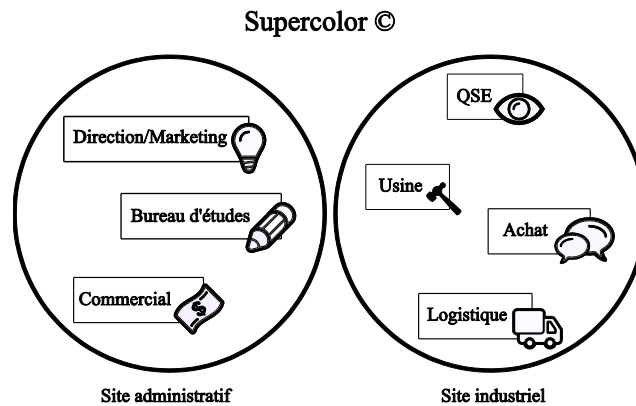


Figure 2. Organisation de Supercolor

4. La conception des produits Supercolor

Le processus de conception est assez classique. Le *BE* rédige les documents techniques (dessin de définition, nomenclature...) que *l'usine* traduit en ordre de fabrication et d’approvisionnement selon les bons de commande établit par le service *commercial*.



Figure 3. Processus de conception chez Supercolor

Les éléments en bois des produits de Supercolor suivent différentes étapes. Ils sont d’abord découpés à partir de planches de bois standard. Lorsque que cela est nécessaire, ils sont façonnés pour obtenir la forme désirée : congé, perçage, collage etc... Enfin ils sont peints et vernis. Cette dernière étape permet d’augmenter la durée de vie des produits en les protégeant notamment des intempéries.

5. Le banc « Boiston »

Supercolor a décidé de lancer une nouvelle gamme de banc. Elle a fait appel à un cabinet de design réputé. Le concept proposé se veut être l’alliance du bois et du minéral. Il s’agit d’un banc déclinable en plusieurs configurations. Il sera composé de différents modules en béton et d’une assise en latte de bois. C’est pourquoi il a été baptisé « Boiston ».



L'ingénieur du BE a réalisé une première version de la conception de ce banc, appelé proto n°1, selon une seule configuration. Cela a permis la réalisation d'un prototype. En parallèle, une personne du service *QSE* a réalisé une première ACV de cette version préliminaire. Elle a été aidée par un consultant en écoconception. Grâce aux résultats, ce dernier a proposé plusieurs pistes pour améliorer les performances environnementales du « Boiston ». La présentation de ces pistes a permis d'engager une discussion avec les acteurs de Supercolor afin d'étudier leurs faisabilités industrielles.

B. Consignes

1. Synthèse

Le tableau suivant est une synthèse de la présentation suivie par les étudiants :

Objectifs de la séance
<i>Reconception d'un produit industriel à partir de données réelles mais simplifiée et rendue anonyme.</i>
Présentation de Supercolor et du Boiston
Consignes
<i>La séance est de 1h30, les groupes sont composés de 3 étudiants pour 2 ordinateurs. Comparer 2 pistes d'écoconception attribuées à chacun des groupes pour proposer une solution. Le compte rendu est à rédiger sous Word et doit être déposé sur la plateforme pédagogique de l'école. Il sera peut-être évalué. Rappel des documents à disposition, il est possible de les annoter.</i>
Observations
<i>Cette activité a déjà été réalisée en milieu industriel. Il s'agit de comparer les pistes d'écoconception proposés par une population homogène d'étudiant à celle issus de la précédente activité. La séance sera observée par des personnes. Elles s'attarderont sur la méthode de conception utilisée par les étudiants. Elles n'ont pas forcément de connaissance sur l'étude à réaliser, il est donc demandé de ne pas les solliciter. Les étudiants disposent de 2 ordinateurs mais chacun doit être utilisé avec un seul objectif : l'un pour la rédaction de compte rendu et l'autre pour l'utilisation de Bilan Produit.</i>

Tableau 1. Synthèse des consignes

2. Pistes d'écoconception

Nous proposons 5 pistes d'écoconception. *Réduire la masse de bois* : Le BE reconnaît que d'un point de vue de la résistance mécanique, l'épaisseur des lattes de bois peut être réduite de moitié. *Réduire la masse d'acier* : Le BE propose d'utiliser qu'une vis pour fixer chaque latte de bois (au lieu de 2). *Améliorer le circuit logistique amont* : Le service achat propose de changer le fournisseur de la structure en acier. Cependant, d'un point de vue commercial, le nouveau fournisseur (Iron-service) doit également assurer l'approvisionnement des vis. *Améliorer le circuit logistique aval* : La logistique propose d'améliorer, sans modification du produit, le colisage. Une meilleure optimisation du colisage permet de conditionner 20 bancs par palette au lieu de 10 actuellement. *Traitement du bois* : L'usine propose de changer le type de peinture en utilisant un modèle à l'eau.

3. Compte rendu

Il devait notamment répondre aux questions suivantes :

Quelles pistes deviez-vous étudier ?
Comment avez-vous traduites ces pistes dans le fichier d'ACV ? (<i>Hypothèses retenues...</i>)
Quels sont les résultats de l'ACV ? (<i>Possibilité de placer des captures d'écran</i>)
Quelles sont vos conclusions ? (<i>Comparaison des résultats, facilités de mise en œuvre de la solution...</i>)
Quelle solution proposez-vous ?

C. Description des documents à disposition des étudiants

En plus de la présentation de Supercolor, du Boiston et de la description des pistes d'éconception, les étudiants ont à leurs dispositions un dossier technique sur le banc et la notice d'explication du fichier ACV du banc réalisé sous Bilan Produit.

1. Dossier technique du Boiston

Le banc proto n°1 se compose de 3 ensembles. Le premier est l'assise, composée de lattes de bois. Elles sont de 3 types : standards (en rose), de bout (en bleu) et petites (en vert). Toutes les lattes ont la même épaisseur. Les lattes standards ont cette dénomination car elles sont utilisées sur d'autres modèles de banc. Les dessins de définition sont donnés en fin de document. Les lattes sont obtenues par découpe de planches de bois standard. Elles sont ensuite rabotées, c'est-à-dire que l'on va retirer les aspérités issues de la découpe. Enfin, elles sont peintes. Le second ensemble regroupe les modules en béton (en orange). Il s'agit d'un dossier et de 2 assises identiques. Les modules sont obtenus par moulage de béton fibré tech+. Le troisième est une structure en acier. Le bandeau permet de supporter les éléments précédents (lattes et modules béton). Les éléments sont fixés sur le bandeau par l'intermédiaire de vis à raison de 2 par élément. Les pieds réalisent la liaison entre le bandeau et le sol. On utilise les même vis pour l'ensemble. La structure en acier est composée de bandes découpées dans une plaque. Elles sont pliées puis soudées. Enfin, elles subissent un traitement de surface.



Le fournisseur de bois, Wood73, est basé à Champs-Laurent en Savoie. Cependant, le bois est importé du monde entier. Le béton fibré tech+ provient de Lafar, une entreprise située à Troyes. La structure en acier est fabriquée par Bender&Co à Pouzols. Le fournisseur Iron-service est situé à 200km de l'usine.

Pour la phase de livraison, on considère que le colis est livré à 500km avec un seul banc et qu'il parcourt 500km. En plus du banc, le colis contient une palette (25 kg de bois), 1kg de carton et 1kg de film plastique. Pour la phase d'utilisation, on considère un lavage tous les ans, soit 100kg d'eau (10 lavages de 1 min de karcher à 600L/min). Pour la fin de vie, on considère un transport de 35km avant un scénario de type « ordures ménagères ».

Nb	Désignation	Matériaux	Masse unitaire	Procédés	Commentaires
1	Film plastique	Plastique	1 kg		
1	Protection	carton	1 kg		
1	Palette	bois	25 kg		
1	Bandeau	Acier	41.86 kg	Découpage, pliage, soudage, traitement de surface	Bender&Co
2	Pied	<i>Idem bandeau</i>	12.39 kg	<i>Idem bandeau</i>	
40	Vis d=10mm	Acier inoxydable	5.1 g		50km de transport
2	Assise	Béton <i>techn+</i>	12 kg	Moulage	Fournisseur Lafar
1	Dossier	<i>Idem assise</i>	15 kg	<i>Idem assise</i>	<i>Idem assise</i>
5	Latte standard	Pin d'Oregon	1.46 kg	Découpage, rabotage et peinture	Fournisseur Wood73
10	Latte petite	<i>Idem latte standard</i>	0.72 kg	<i>Idem latte standard</i>	<i>idem</i>
2	Latte de bout	<i>Idem latte standard</i>	1.44 kg	<i>Idem latte standard</i>	<i>idem</i>

Tableau 2. Nomenclature détaillée

2. Notice d'explication du fichier ACV

Le fichier ACV réalisé sous Bilan Produit est expliqué, selon les phases de vie, par la notice suivante :

Document d'explications du fichier ACV

Vous avez à votre disposition un document d'explications du fichier ACV. Il permet d'expliciter les choix qui ont été effectués . Il correspond au fichier d'ACV réalisé sous Bilan Produit (BP). Il utilise quelques symboles graphiques qui sont expliqués plus bas. Lorsqu'un nom ou un service apparaît entre parenthèse, cela signifie que cette information provient de cette personne ou entité.

? symbole d'une question

💡 symbole d'une réponse possible

🟢 symbole d'une réponse acceptée (s'il en existait plusieurs)

✖ symbole d'une réponse rejetée

+ argument qui soutient une idée

- argument qui s'oppose à une idée

Exemple : ? Quel matériau utiliser ?

Exemple : 💡 Aluminium

Exemple : 🟢 Acier courant

Exemple : ✖ Fonte

Exemple : + matériau proche de la réalité

Exemple : - matériau inexistant dans la base de données

Figure 4. Légende notice

Phase de production : Lattes de bois

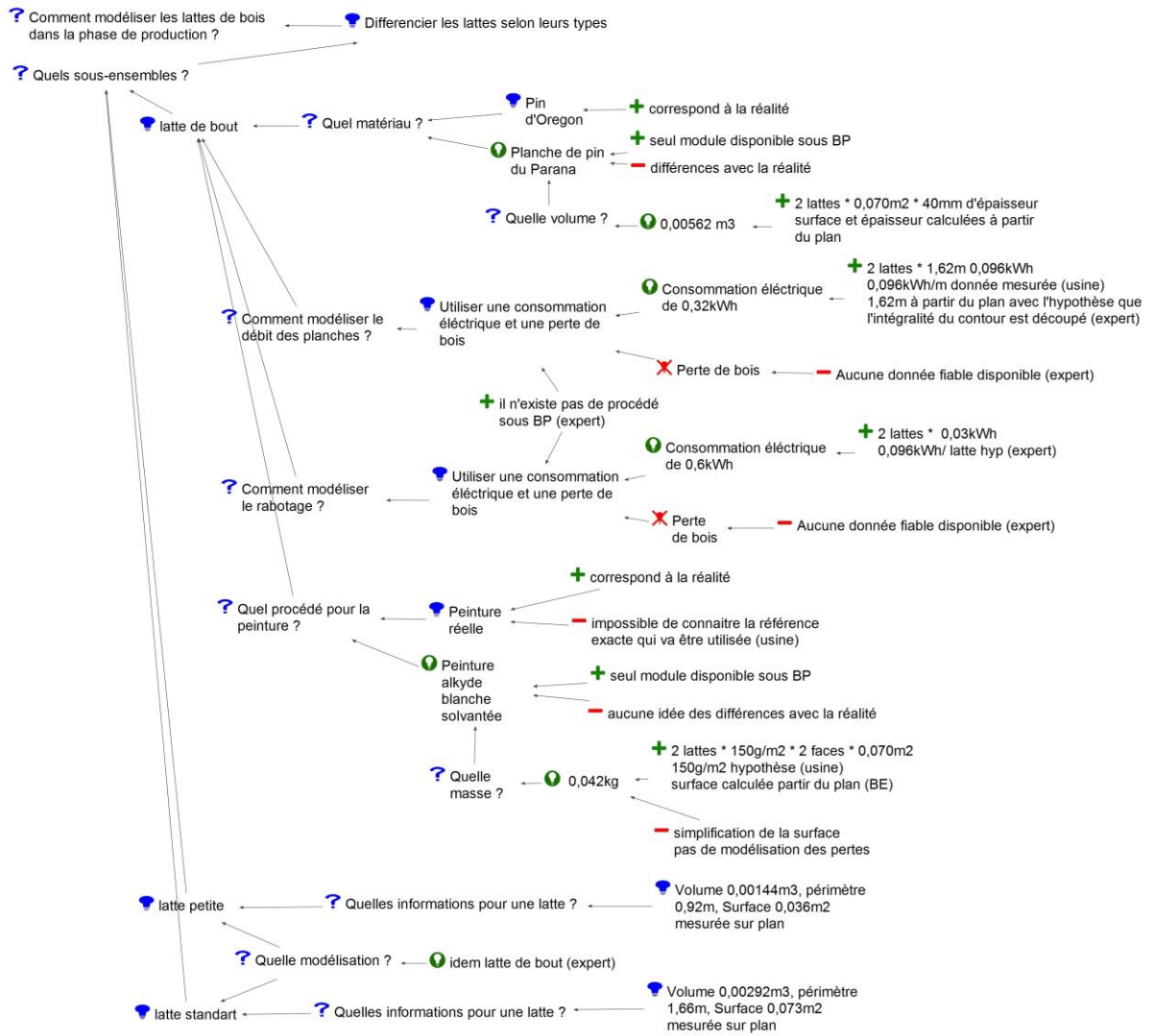


Figure 5. Phase de production des lattes bois

Phase de production : Structure acier

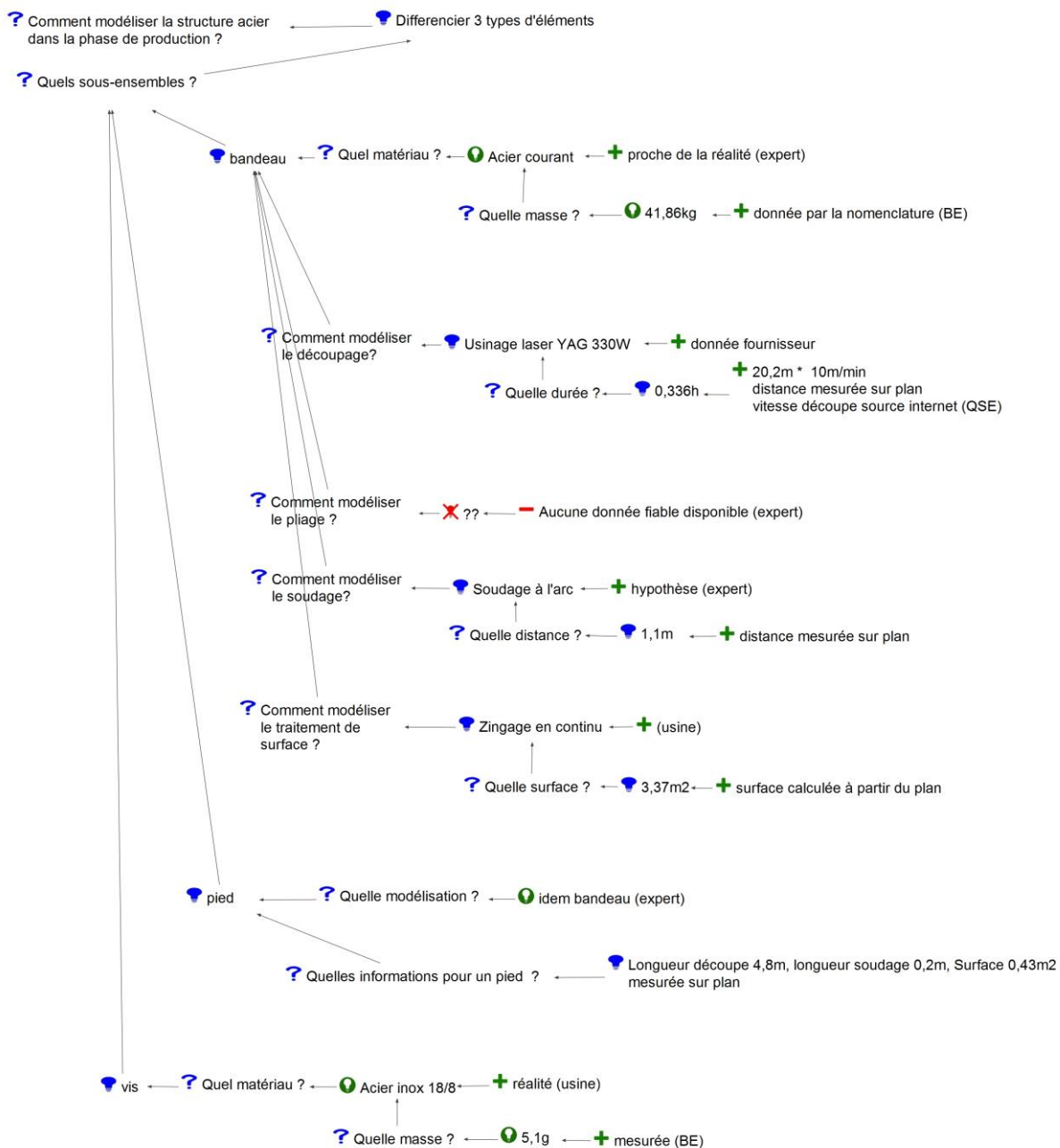


Figure 6. Phase de production de la structure acier

Phase de production : modules Béton

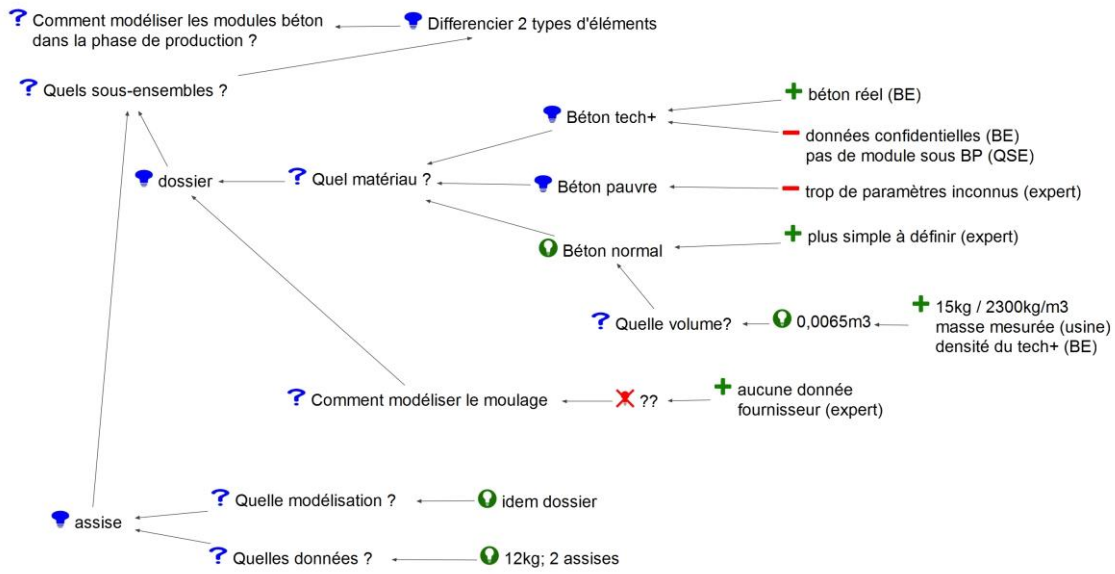


Figure 7. Phase de production des modules béton

Phase de transport

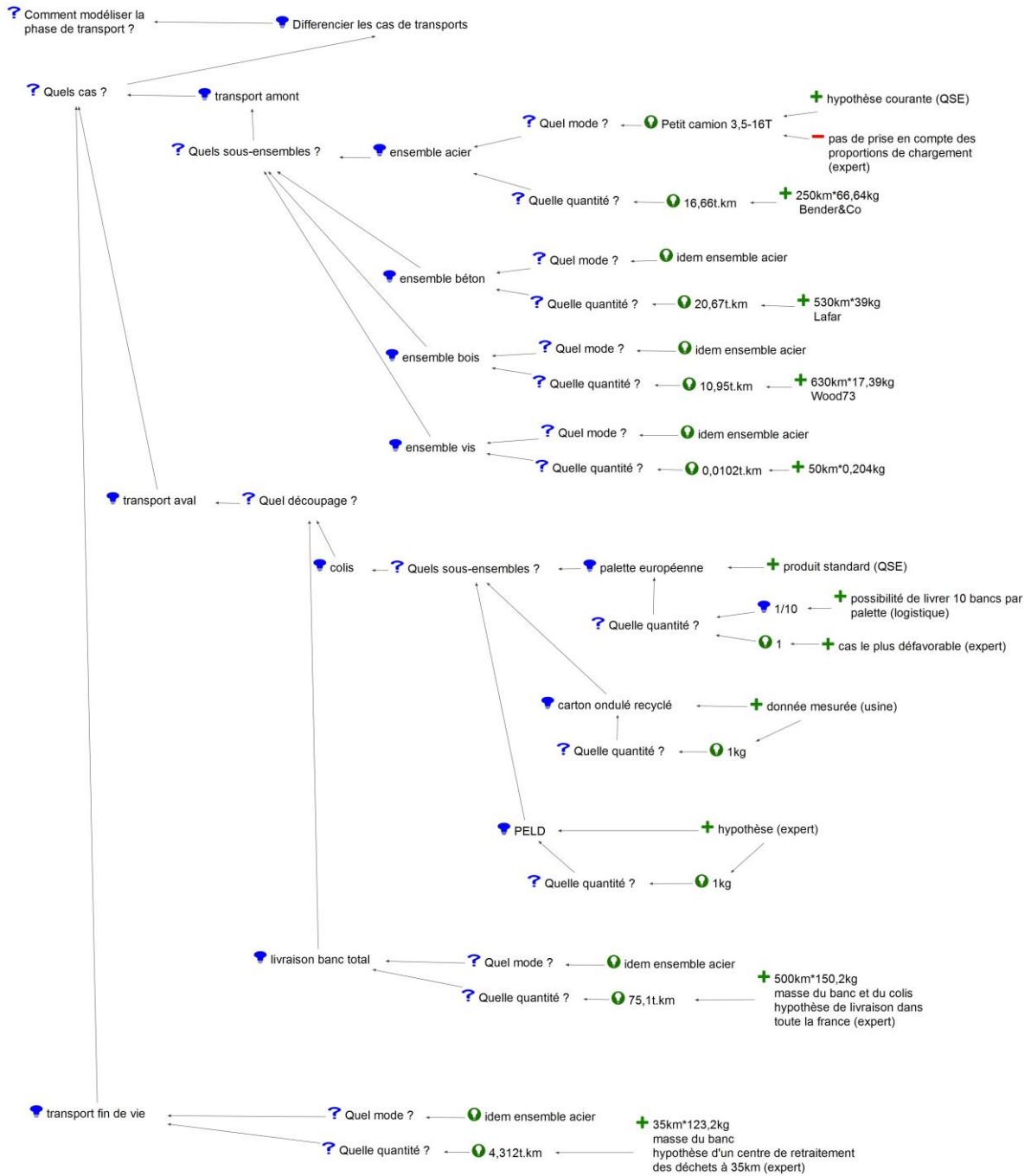


Figure 8. Phase de transport

Phase Utilisation

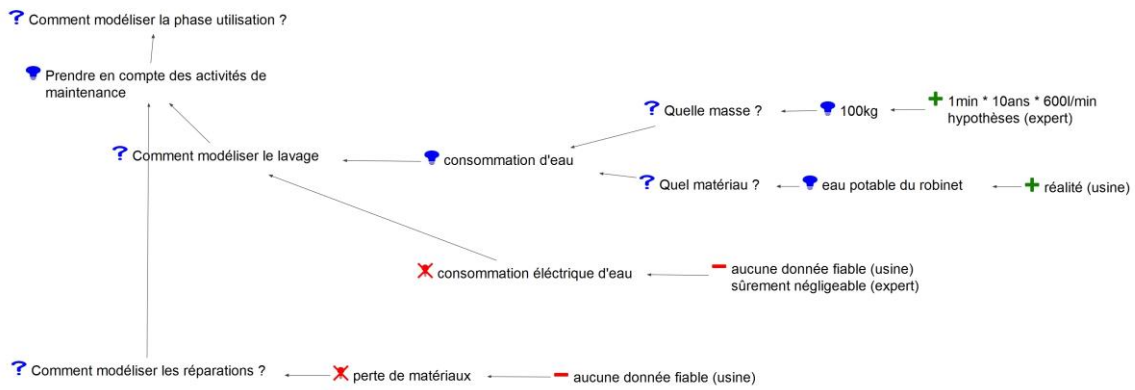


Figure 9. Phase d'utilisation

Fin de vie

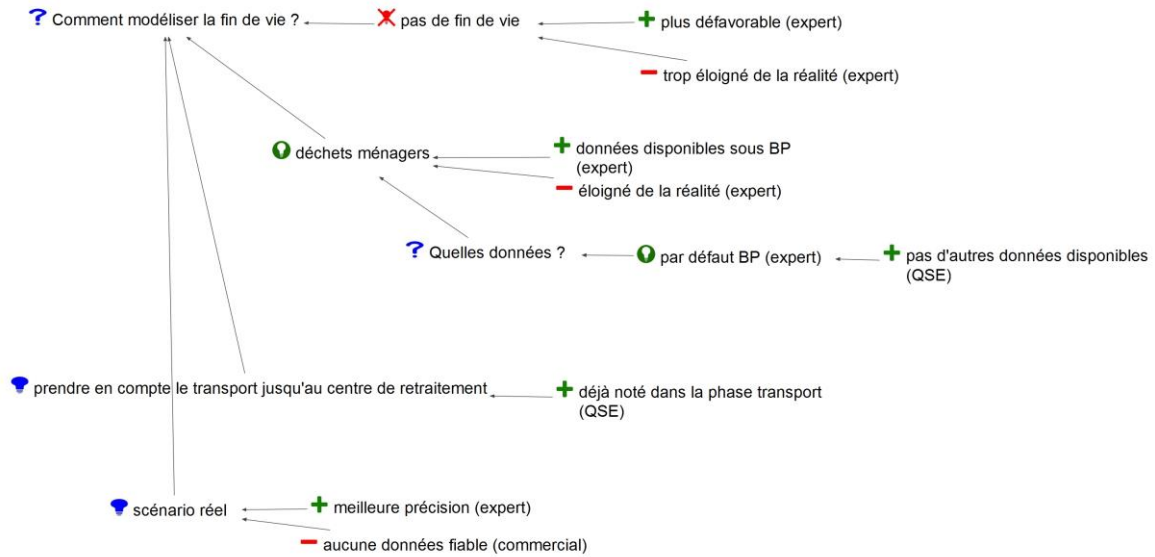


Figure 10. Phase de fin de vie

II. Données

A. Observations pendant l'activité

La grille d'observation donnée en Figure 11 permet d'observer 15 minutes d'activité.

		0				5				10			
		En°1	En°2	En°3	0	En°1	En°2	En°3	5	En°1	En°2	En°3	10
[Doc] jaune	C1 Analyser												
	C2 Argumenter												
	C3 Information												
	C4 Enrichir												
	Commentaires												
[Tech] blanc	C1 Analyser												
	C2 Argumenter												
	C3 Information												
	C4 Enrichir												
	Commentaires												
[BP] ordinateurur	C1 Analyser												
	C2 Argumenter												
	C3 Information												
	A1 ACV												
	Commentaires												
A2 CR													
	Commentaires												
Autre ?													
	Commentaires												
Verbatim													

Figure 11. Grille d'observation

B. Questionnaire post-activité

Q0	Quel était selon vous l'objectif de cette activité pour le laboratoire G-SCOP ?
<i>Pendant l'activité à laquelle vous venez de participer, vous avez utilisé un document d'explications, appelé notice, de l'ACV. Les questions suivantes vont porter sur son utilisation</i>	
Q1	Comment avez-vous appréhendé le document d'explication de l'ACV?
R1	Donner une valeur de 0 (difficilement) à 10 (facilement)
	Pouvez-vous préciser votre réponse ? Exemple : « difficulté à comprendre les symboles au début mais ensuite c'est plus simple », etc...
Q2	Avec ce document, avez-vous été capable de comprendre l'ACV du Boiston ?
R2	Sélectionner une des 4 propositions suivantes : Pas du tout, Faiblement, Fortement, Intégralement
	Sous quelles hypothèses votre réponse est-elle valide ? Exemple : « uniquement pour une phase du cycle de vie », etc.
Q3	Si vous deviez réaliser une ACV d'un nouveau produit de Supercolor, quelle aide pourrait apporter ce document ?
R3	Sélectionner une des 4 propositions suivantes : Aucune, Partielle, Non négligeable, Efficace
	Sous quelles hypothèses votre réponse est-elle valide ? Exemple : « à la condition que le produit soit aussi un banc », etc.
Q4	Pour réaliser une ACV, vous pouvez disposer de plusieurs outils/documents, pouvez-vous préciser l'utilité de chacun selon les 5 scénarios suivants ?
R4	Réponses de 0 (aucunement) à 10 (indispensable)
	On considère les outils/documents suivants : fichiers d'anciennes études au format du logiciel d'ACV, PEP'ecopassport (résultats de l'ACV), documents techniques (plans, nomenclature...), documents d'explications de l'ACV. Vous pouvez préciser votre réponse dans le cadre libre.
S1	« Je dois réaliser une ACV d'un produit légèrement modifié »
S2	« Je dois réaliser les ACV de l'intégralité d'une gamme »
S3	« Je dois réaliser l'ACV d'un nouveau produit »
S4	« Je dois expliquer une ACV que j'ai réalisé »
S5	« Je dois expliquer les résultats d'une ACV que je n'ai pas réalisée »
Q5	Pensez-vous que la version du document dont vous disposez décrit l'intégralité du modèle ACV du Boiston utilisé dans Bilan Produit?
R5	Si non, quelles seraient les informations manquantes ?
Q5bis	Pensez-vous qu'il soit toujours nécessaire de représenter toutes ces informations ?
R5bis	Si non, lesquelles vous semblent utiles de conserver ?
Q6	Pensez-vous être en mesure de réaliser ce type de document lors d'une nouvelle étude ?
R6	Vous pouvez préciser votre réponse
Q7	Voyez-vous d'autre(s) utilisation(s) à ce type de document ?
Q8	Quelles sont pour vous les difficultés de réalisation d'une ACV ?
Q9	Donnez 2 avantages et 2 inconvénients que possède ce type de document?

III. Résultats

A. Commentaires des observateurs

Nous consignons les retours effectués par les observateurs après l'observation de la séance et la mise en commun de leurs grilles.

1. Groupe 1

	Obs1A	Obs1B
Ressenti sur le groupe	<i>Le groupe est resté très concentré du début à la fin. Ils ont eu une bonne dynamique de travail. Ils ont pris le sujet en main, se sont posés des questions dès le début et se sont partagés le travail. Ils ont utilisé un ordi pour Bilan Produit et l'autre pour le CR.</i>	<i>Le groupe était travailleur et organisé, il y régnait une bonne cohésion (« tu es d'accord ? »). Ils se sont répartis le travail, un s'est notamment occupé du compte-rendu. Ils se sont donnés des tâches ce qui fait que chacun est resté sur son ordi. Mais les documents ont circulés. Une étudiante était italienne mais elle a été active pendant la séance. Ils ont respectés les consignes (1 activité par ordinateur). Ils étaient motivés. Ils ont transféré des informations via facebook (les captures d'écran).</i>
Difficultés d'observation ?	<i>Au début, les étudiants ont semblé un peu intimidés par le fait d'être observé. Ils</i>	<i>On voyait les étudiants de dos. Donc pour le critère C4 (enrichir), on ne savait pas forcément si l'étudiant</i>

	<i>chuchotaient ce qui a fait qu'on a eu du mal à entendre ce qu'ils disaient au début pour la mise en place. De plus le groupe derrière nous faisait beaucoup de bruit. Mais après une vingtaine de minutes (environ) ça allait mieux. Le fait d'être placé derrière eux était parfois gênant pour l'observation, ils avaient le dos trop large ! (nous étions jeunes et larges d'épaule...)</i>	<i>écrivait vraiment sur le document. Notre angle de vue n'était pas optimum (derrière les 3 étudiants). Ils ne parlaient pas non plus très fort. Cependant, à deux observateurs on a pu s'en sortir. Difficultés pour l'observateur de savoir d'où venaient les informations. Quelques fois, ils cherchaient des informations car ils n'étaient pas familiarisés avec les documents : quel critère ? C1 ou C3 ?</i>
Commentaires sur les critères ou activités.	<i>Dur de savoir parfois quel critère cocher, surtout entre les critères C1 et C2. Ils ont utilisé du papier et leur calculatrice pour prendre des notes et faire les calculs.</i>	<i>Quelques fois, une activité pouvait durer 2 à 3 minutes. Il n'y avait pas trop d'échange, les interactions ne duraient pas : « une question = une réponse ». (Il n'y avait pas trop de discussion) Ils ont créés un nouveau document avec les résultats des calculs. Par ailleurs, l'activité « faire des calculs » était importante.</i>
Quelles étaient les différences entre les deux grilles ?	<i>Obs1B a codé pour chaque bâton quel étudiant était concerné et a lié les bâtons par des traits pour signifier les liens existants. Sinon globalement nos grilles étaient assez proches et nous avons pu expliquer nos différences et facilement nous mettre d'accord sur une grille commune.</i>	<i>On avait peu de différence sauf sur les critères Analyser (C1) et Argumenter (C2). Le critère C2 (argumenter) s'apparentait souvent aux réponses des étudiants au sein du groupe. On s'est mis d'accord pour que le critère C1 analyser était plutôt présent au début.</i>
Autres	<i>Je trouve qu'ils ont eu une utilisation appropriée du document jaune. C'était leur document de référence pour chercher les hypothèses de modélisation de l'ACV.</i>	<i>Je pense que j'aurai été capable de suivre minute par minute la séance. Idée : pour une nouvelle expérience, il pourrait être utile de n'utiliser qu'un seul écran, avec tous les documents, puis d'enregistrer d'un point de vue informatique. On pourrait envisager un autre critère : « communication » pour coder l'action « de parler ».</i>

2. Groupe 2

	Obs2A	Obs2B
Ressenti sur le groupe	<i>Groupe qui veut aboutir en étant « efficace », pas forcément « juste »</i>	<i>La surprise est que chaque étudiant n'a lu qu'un seul des documents proposés. L'étudiant qui avait lu le doc jaune était celui aux manettes de BP. Leur mode de fonctionnement était lui aussi un peu surprenant : un étudiant qui rédige le CR de manière assez continue sur la durée de la séance, en s'appuyant pour cela sur des questions posées au fil du temps au 2 autres qui réalisaient l'ACV</i>
Difficultés d'observation ?	<i>Rien de particulier</i>	<i>Comptage des occurrences sur un même créneau de temps. Difficile parfois de distinguer de l'analyse C1 / de la recherche d'info C3</i>
Commentaires sur les critères ou activités.	<i>Activité « menée » par le détenteur du doc jaune. Cela a pu fausser l'expérience car il n'en a pas bien compris le sens à mon avis.</i>	
Quelles étaient les différences entre les deux grilles ?	<i>Pas de grosses différences sur les groupes, un peu sur les affectations au sein des groupes. Sur le doc « principal » nous étions quasi en phase.</i>	<i>Très limitées. Quelques écarts sur le nombre de barres dans une case donnée (on ne savait pas trop faire la différence parfois entre une interaction longue et plusieurs courtes qui se suivent</i>
Autres	<i>Les docs sont restés « propriété » de celui qui l'a lu. Le jaune est vite devenu un « sous-main » pour son lecteur qui n'en a pas tiré de grands bénéfices.</i>	

3. Groupe 8

	Obs8A	Obs8B
Ressenti sur le groupe	<i>Pas matures, très scolaires. Pas vraiment impliquées et investies dans la tâche proposée. Même si deux d'entre elles ont cherché à faire.</i>	<i>Elles n'ont pas lu les consignes, ni les documents avant de se lancer dans le TP. Du coup, elles ont passé beaucoup de temps à faire des choses pas utiles à l'exercice. On a eu clairement un duo et une personne qui travaillait seule sans de vrai partage des tâches. Elles ne savaient pas se servir d'excel (et du coup de BP).</i>
Difficultés d'observation ?	<i>Observer en restant un temps long debout n'est pas le mieux. Par ailleurs, les consignes n'étant pas respectées (deux ordis avec tous les deux Bilan Produit ouvert), pas simple de suivre. Surtout sans la connaissance des outils employés. Observer est une chose, saisir les interactions en est une autre ...</i>	<i>Elles se sont servies des deux ordis avec Bilan Produit, du coup difficulté à dissocier quand elles remplissaient BP ou le CR. On était adosser au mur et sur le côté, du coup on n'avait pas une vue d'ensemble sur leur plan de travail. Difficile d'entendre toutes les conversations et donc de faire la différence.</i>

Commentaires sur les critères ou activités.	<i>Ok avec Obs8B. Peut-être dû à leur manque d'implication, mais l'argumentation me semble être restée faible. Mais pas facile à distinguer car pas de revendication affirmée. Le nombre d'itérations est aussi approximatif.</i>	<i>On a eu du mal à dissocier argumenter C2 et informer C3. Difficile de compter le nombre d'itérations d'une activité. On peut à priori dire qu'elles font une activité mais le nombre de fois en 2,5 qu'elles le font est difficile à évaluer.</i>
Quelles étaient les différences entre les deux grilles ?	<i>Ok avec Obs8B.</i>	<i>On a du harmoniser sur les critères Analyser C1/Informer C2 et Argumenter C2 /Informer C3. Pour Obs8A, il n'y a pas eu d'argumentation, et je suis d'accord, puisqu'elles n'ont pas vraiment réfléchi à ce qu'elles faisaient.</i>
Autres		

B. Résultats des observations

Il s'agit des résultats des observations consolidés par les observateurs. Nous ne présentons pas les résultats du groupe 8.

1. Traitement des données

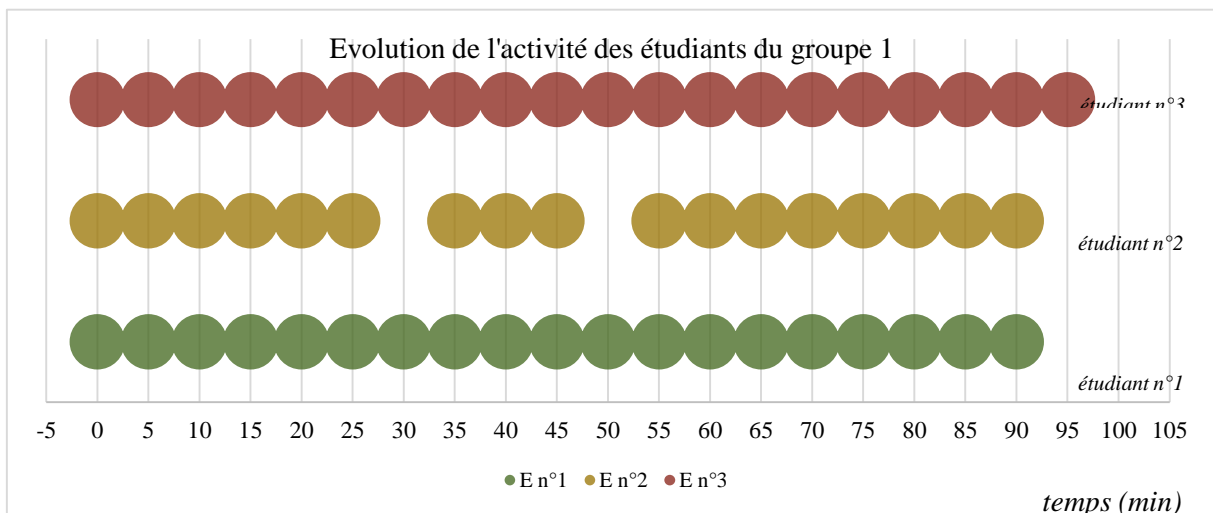
A partir des grilles d'observation, il a été possible de dénombrer le nombre d'occurrence par ligne et par pas de temps. Cependant, suite à l'harmonisation il a été convenu de ramener les occurrences à une unité, peu importe leurs valeurs initiales.

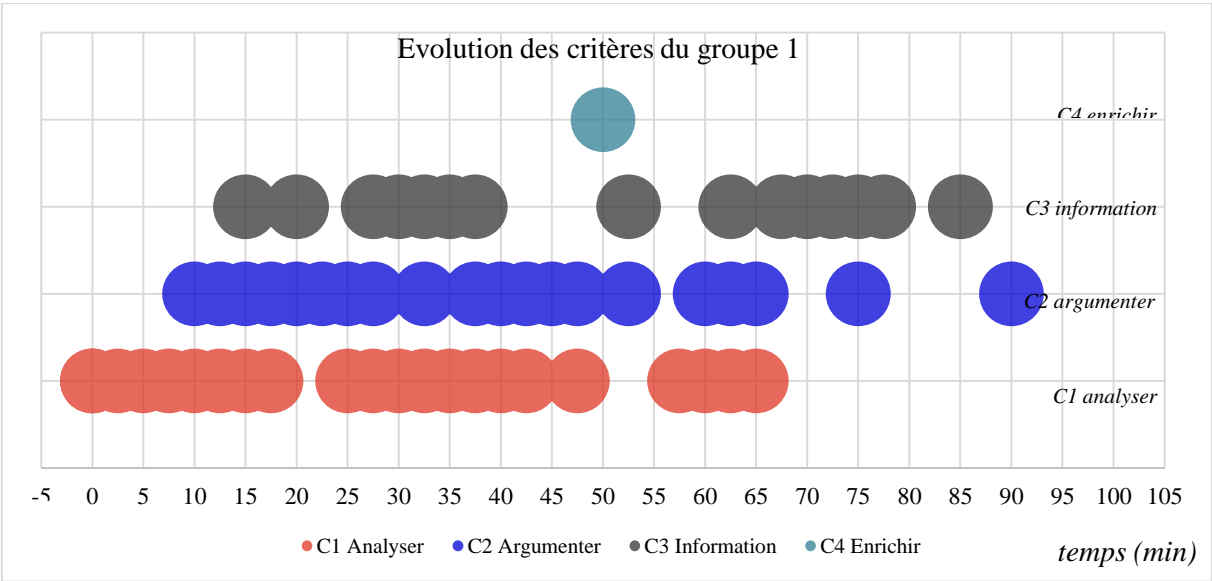
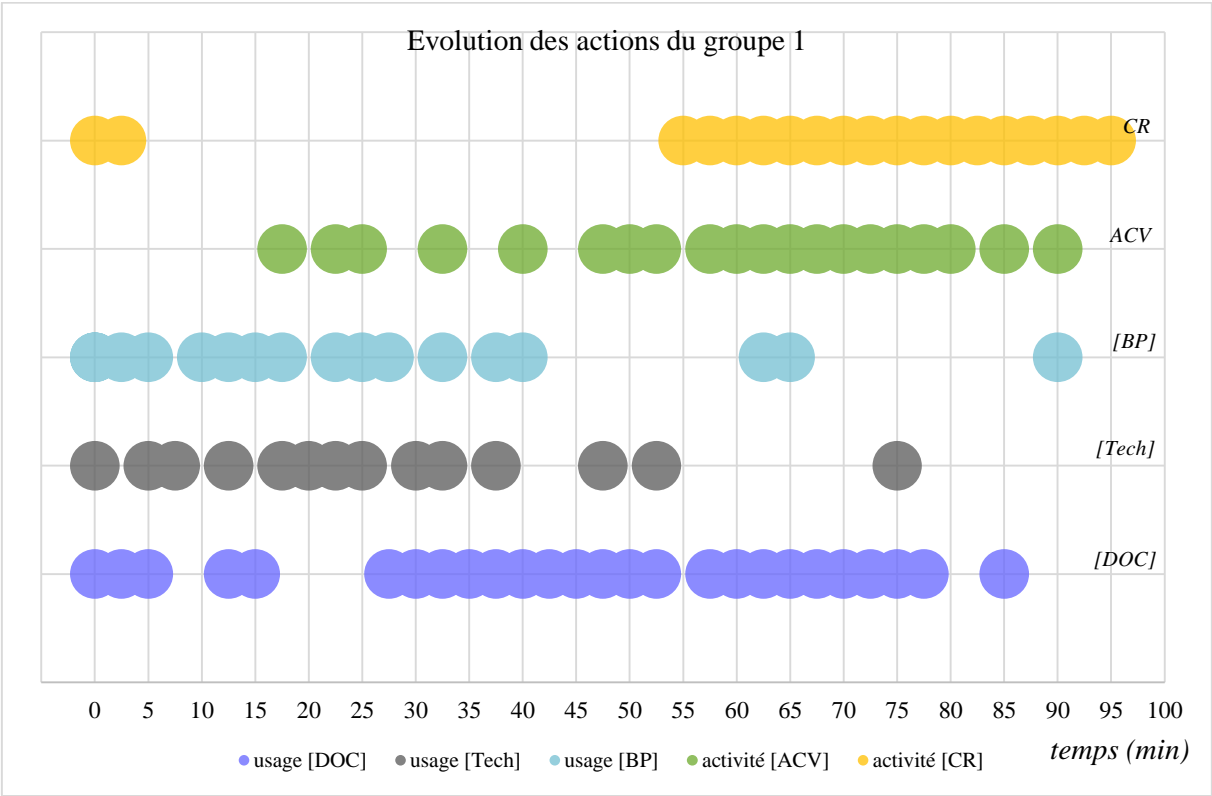
Les graphiques suivants représentent des évolutions temporelles de différentes catégories. Mise à part les étudiants qui sont observés avec un pas de temps de 5 minutes, le pas utilisé est de 2.5 minutes. La présence d'une bulle indique qu'il y a eu au moins une occurrence dans une catégorie pendant le pas temporel considéré.

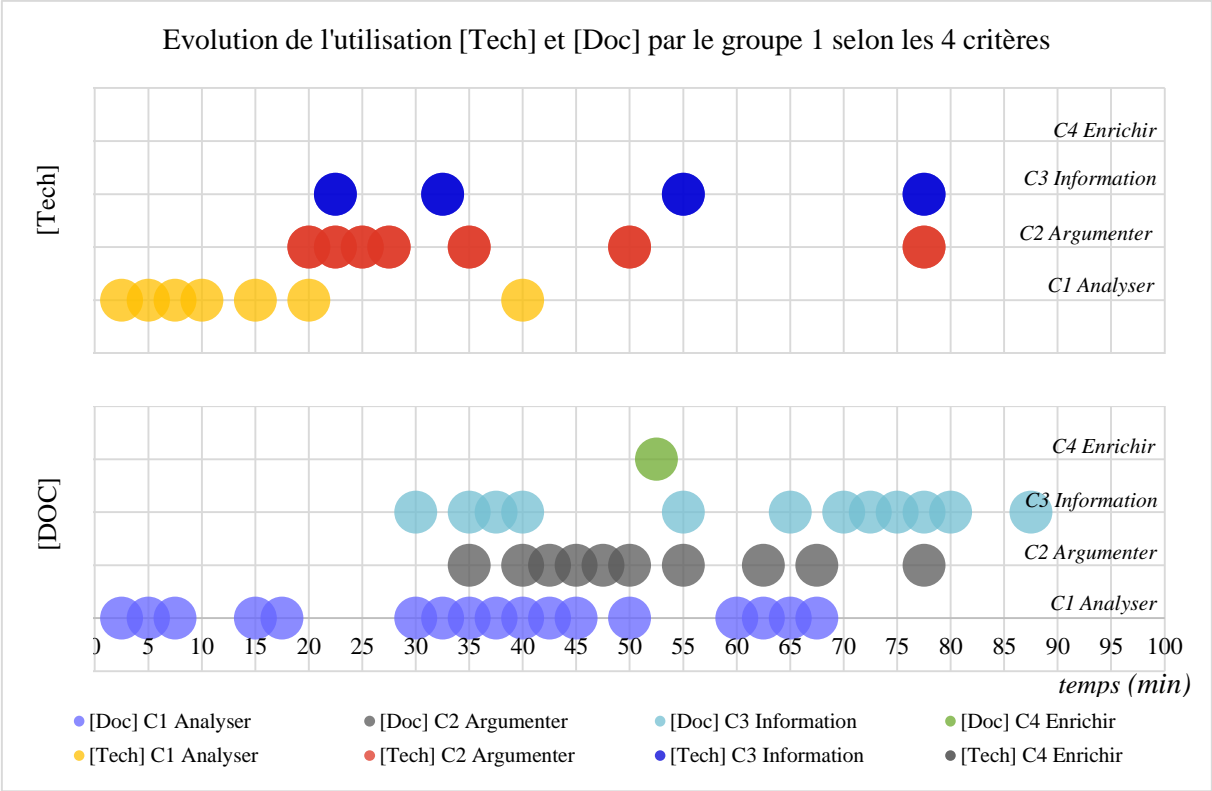
Catégories	Signification (dans un pas temporel)
Activité étudiant	L'étudiant a réalisé au moins une activité
Action [BP]	Le logiciel Bilan Produit a été consulté au moins une fois
Action [Tech]	Le dossier technique a été manipulé au moins une fois
Action [DOC]	La notice explicative a été manipulée au moins une fois
Action ACV	Le fichier ACV dans Bilan Produit a été modifié au moins une fois
Action CR	Le fichier informatique de rédaction du compte rendu est manipulé au moins une fois.
Critère n	Au moins une action a été réalisée selon le critère n

Tableau 3. Légende des graphiques résultats

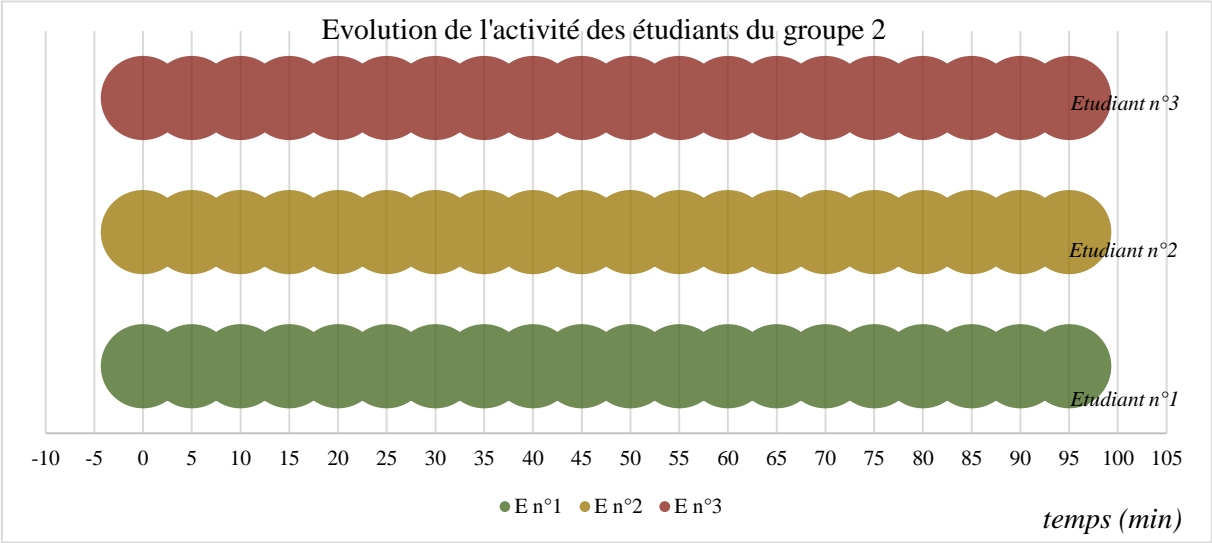
2. Groupe 1

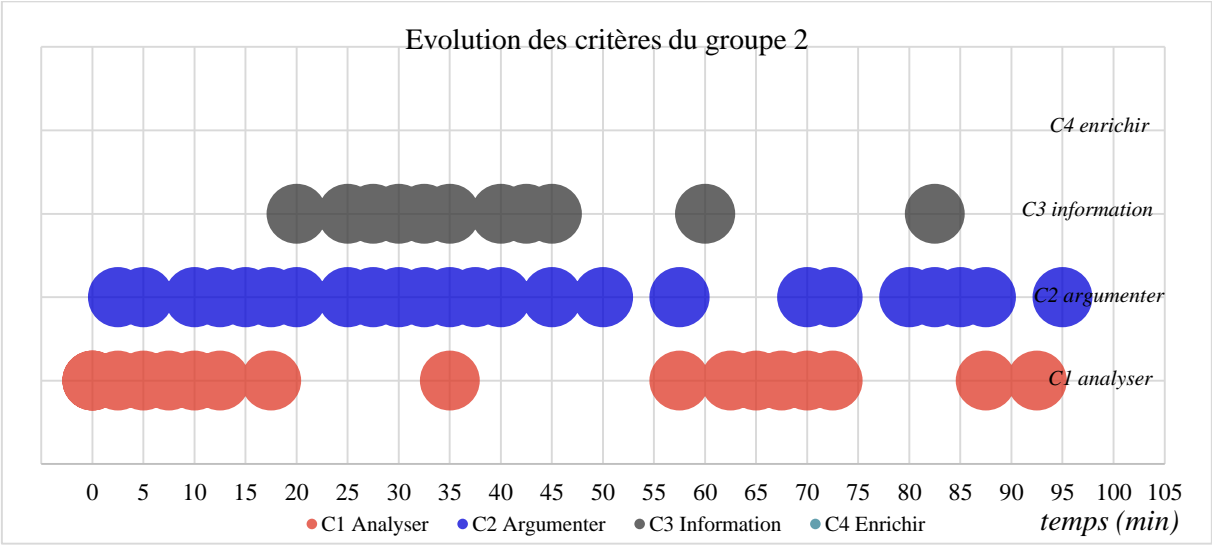
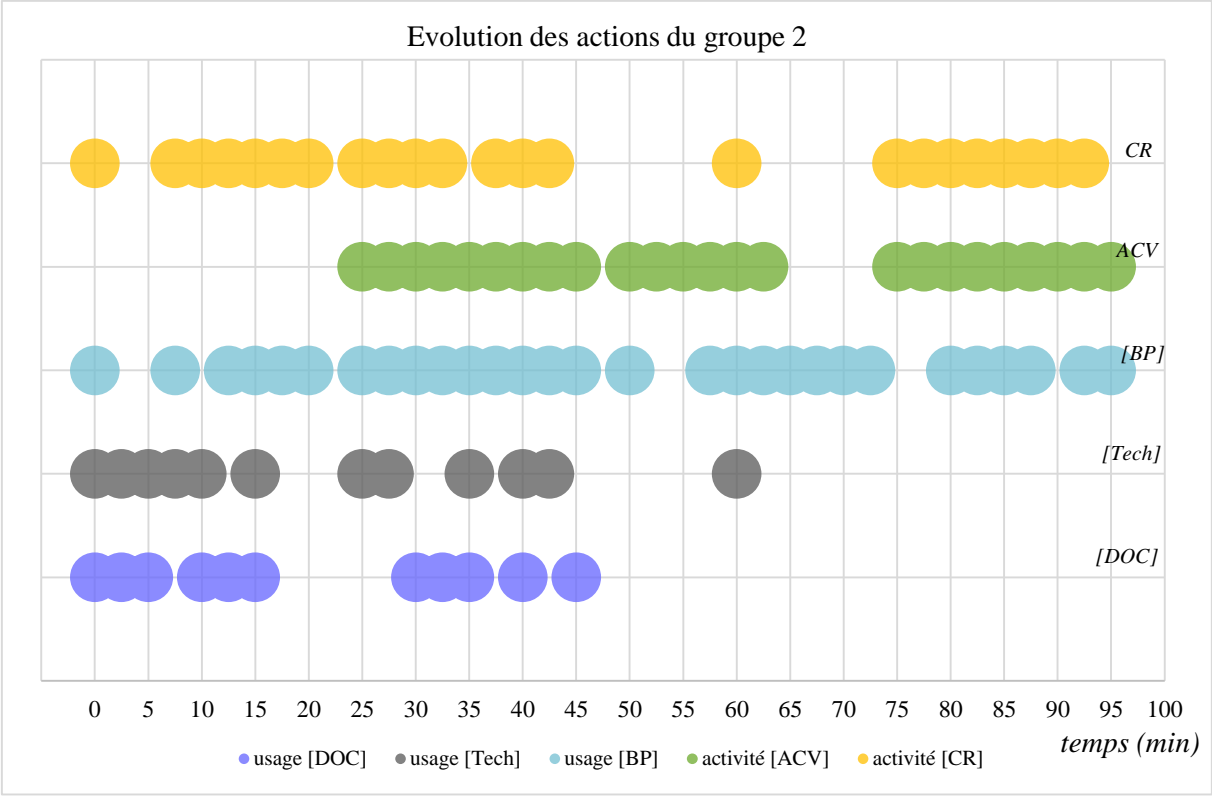


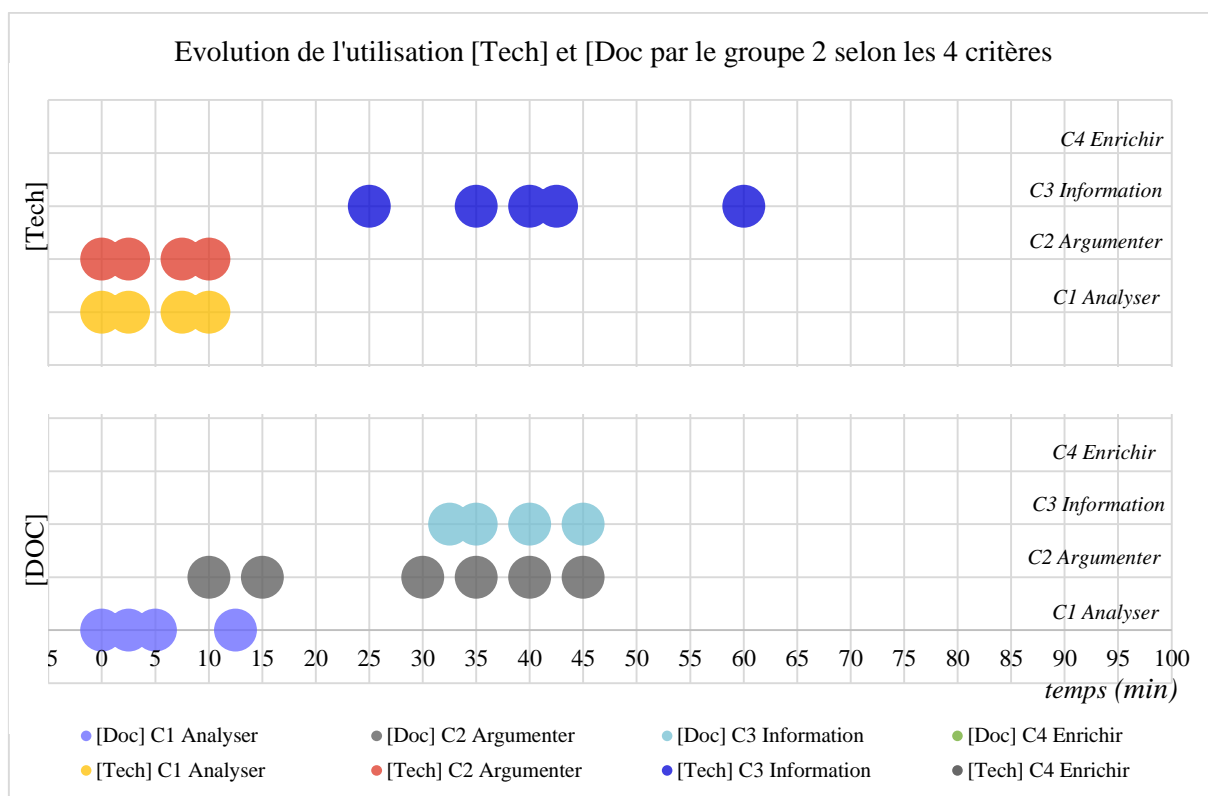




3. Groupe 2







C. Résultats du questionnaire

Le questionnaire a été rempli par l'intermédiaire d'un formulaire internet individuel. Il y a eu 26 réponses. Cependant, l'étudiant n°71 a été exclu car il expliquait ne pas s'être servi du document étudié. De même que l'intégralité du groupe 8 (étudiants 81, 82 et 83) pour les raisons signalées par les observateurs.

1. Question n°0 « Quel était selon vous l'objectif de cette activité ? »

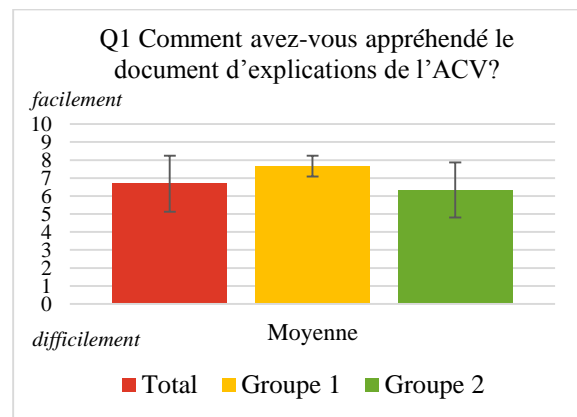
Etudiant	Quel était selon vous l'objectif de cette activité pour le laboratoire G-SCOP ?
13	Voir notre réaction face au sujet, observer notre manière d'aborder le sujet à partir des données et du logiciel. Observer la manière dont nous utilisons le logiciel. Pouvoir améliorer le logiciel ou relever des éléments à y rajouter éventuellement. Améliorer le dossier fourni pour la réalisation d'une nouvelle ACV sur un produit légèrement modifié.
11	Selon moi, l'objectif de cette activité était de faire une analyse du logiciel et de son utilisation, voir l'ergonomie du logiciel, comment on se déplace dedans, voir quelles fenêtres on ouvre, sur lesquelles on passe du temps...
12	Je crois que l'objectif de cette activité c'était de voir une application pratique d'un problème d'écoconception. Nous avons pu voir comment une entreprise gère ce type de problème et avec quels moyens.
23	- Effectuer un travail laborieux et répétitif de comparaison entre chacune des pistes d'écoconception possibles par des étudiants. - Observer les étudiants lors de la manipulation de Bilan Produit afin d'améliorer son utilisation. - Peut être générer de nouvelles idées grâce à des étudiants ayant peu de connaissances du sujet et un regard neuf sur le problème.
21	D'observer la manière dont on travaille au début d'un projet, et près du moment où on doit le rendre
22	Vérifier l'ergonomie du "programme" développé sur excel. Observer le cheminement logique des élèves.
31	L'objectif était de voir les différences de point de vue, de raisonnement, entre les étudiants et les personnes du monde industriel. En effet, les personnes travaillant au quotidien sur un produit peuvent ne pas penser à certaines choses qui paraissent évidentes pour quelqu'un n'ayant jamais vu le produit. À l'inverse, les étudiants ne peuvent pas deviner les problèmes que les personnes du monde industriel rencontrent au quotidien. Il est donc important d'avoir différents points de vue pour avoir le plus d'informations possibles.
32	Connaitre et voir comment les changements sur la conception d'un produit change les impacts environnementaux du produit, en avoir en compte certaines règles à remplir
33	Voir la différence de réaction face à la situation entre les étudiants en génie et les employés de la compagnie. Les étudiants devraient avoir plus de connaissances théoriques alors que les employés devraient avoir plus de connaissances techniques sur le processus et le produits et mieux connaître ce qui se fait facilement comme changement.
41	L'objectif pour le laboratoire G-Scop était de faire une comparaison entre les résultats déjà effectués et ceux obtenus par des élèves à niveau homogène dans le domaine de l'écoconception. Ces observations ont aussi permis d'avoir de nouvelles pistes d'écoconception que les élèves pourraient avoir.

42	L'objectif de cette activité pour le laboratoire G-Scop : ==> Effectuer des observations pour comparer le travail réalisé par G-scop et celui réalisé par les élèves ==> Eventuellement, générer de nouvelles idées d'éco-conception
43	Fournir notre un travail sur une étude fastidieuse pour segmenter le travail et fournir un résultat rapide. Permettre à des étudiants de réfléchir et de fournir une démarche de réflexion différente. Etudier la dynamique de travail et de compréhension d'étudiants en groupe.
51	Recherche de nouvelles idées en proposant la situation à des gens « extérieurs » au problème Évaluer les compétences et connaissances des étudiants Évaluer les méthodes de travail des étudiants (expérimentation) Proposer une activité récapitulative du cours Environnement qui revient sur les notions vues en cours
52	Trouver de nouvelles solutions. En d'autres mots, aller au-delà des pistes de solutions qui étaient énoncées. Cela a aussi permis d'évaluer la méthodologie de travail des étudiants et leurs connaissances concernant l'outil Bilan Produit.
53	Le but était de comparer l'impact environnemental d'un produit si on change les données pour le: conception, façon de transport et le procédé de fabrication. On fait ça par un ACV.
61	Trouver les meilleures solutions et les mettre en pratique en tenant compte de l'impact environnemental et du meilleur compromis.
62	Voir comment les élèves se servent du logiciel, identifier l'efficacité de cet outil, mesurer notre niveau de réflexion sur l'écoconception
63	Selon moi l'objectif était d'étudier comment un groupe d'élèves initiés à l'éco-conception appréhendait une problématique concrète d'éco-conception au travers d'une étude de cas industriel. L'échantillon d'une trentaine de personnes, homogène dans la formation, permet de voir comment nous cherchons des solutions en éco-conception, et quels sont les différentes approches que nous avons du problème.
72	Voir de quoi était capable les élèves quant à l'analyse de résultats, s'ils savaient maîtriser le logiciel.
91	obtenir un point de vue extérieur, avec un échantillon "homogène" initié mais pas expert
92	L'objectif était d'obtenir des idées diverses provenant de personnes extérieur à l'étude.
93	Récupérer les analyses d'un panel d'étudiants, relativement nombreux et extérieur à l'étude afin d'avoir un autre regard sur le travail effectué.

2. Question n°1 « Comment avez-vous appréhendé le document d'explication de l'ACV? »

La réponse était une valeur de 0 (difficilement) à 10 (facilement).

	Moyenne	Ecart-type	Médiane
Total	6,68	1,55	7
Groupe 1	7,67	0,58	8
Groupe 2	6,33	1,53	6



Etudiant	Pouvez-vous préciser votre réponse ?
13	Exemple concret, symboles bien illustrés.
11	Compréhension globale assez rapide mais quelques formules un peu plus compliquées à comprendre : par exemple pour le bois et le rabotage on nous parlait de 2 lattes.
12	la legende c'est de facile comprehension, donc aussi le document peut etre compris rapidement.
23	Difficulté de mémoriser les symboles au début lors de la lecture des premières pages, obligation de se référer à la première page. Certaines propositions présentaient le "symbole de réponse possible" mais très peu de symbole de "réponse acceptée"
21	Pas de réelles difficultés, document clair
22	Celui-ci avait clair mais nous nous sommes séparé la lecture des trois livrets fournis et je ne l'ai donc pas lu avec précision
31	Les symboles sont facilement compréhensibles et le schéma assez clair.
32	Comme les symboles étaient nouveaux c'était un peu difficile au début, mais à la fin ils sont facile a comprendre.
33	Il y a beaucoup d'informations, je n'ai pas été en mesure de tout analyser au debut, mais par la suite linformation etaient bien presentées lorsque lon en avait besoin
41	Les documents n'étaient pas très intuitifs. Il aurait manqué quelques explications.
42	Difficulté à mémoriser les symboles. Il faudrait différencier les arguments des propositions de matériaux avec un écriture d'une couleur différentes par exemple.
51	Je n'avais jamais vu ce type de schéma. Après voir appréhendé, j'ai plus facilement compris comment il était divisé. Toutefois, nous n'avons pas beaucoup utilisé ce schéma pour formuler notre analyse. Je n'ai pas compris tous les symboles utilisés. J'aurai apprécié une petite explication du schéma de la part du chargé de TD avant de commencer. Le temps nous manquait pour analyser en détails le document.

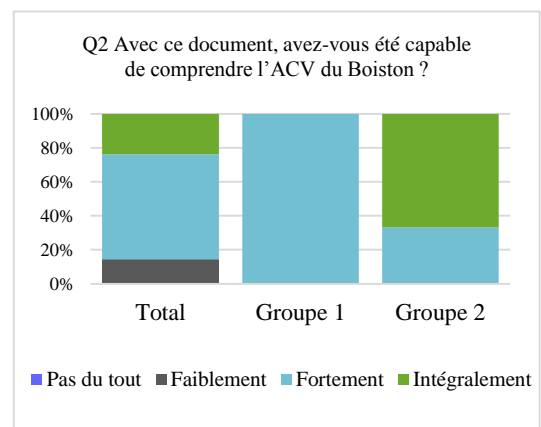
52	<i>Je n'étais pas habituée à ce genre de schéma. J'avoue ne pas avoir pris connaissance de la charte des symboles et j'ai plutôt tenu compte de l'information textuelle ainsi que le sens des flèches.</i>
53	<i>Je pense que c'était assez facile à comprendre</i>
61	<i>Après la lecture de la légende, pour moi c'était plus facile à comprendre.</i>
62	<i>Il y a toutes les informations requises mais il n'est pas très ergonomique à regarder. Une fois le fonctionnement appréhendé, cela est très pratique</i>
63	<i>La disposition des éléments sur le graphe permet une bonne compréhension des différents niveaux d'informations (en colonne de gauche à droite). le sens des flèches est un peu perturbant car il va à l'opposé du sens de lecture. Je n'ai pas fait pas très attention au symbole lors de la lecture</i>
91	<i>présentation schématique qui facilite la compréhension (par contre, ordre logique plutôt descendant qu'ascendant à mon sens)</i>
92	<i>Les documents se lisaient bien.</i>
93	<i>Assez mystérieux au premier abord mais simple une fois compris. Les flèches ne serait-elles pas plus logiques dans l'autre sens ?</i>

3. Question n°2 « Avec ce document, avez-vous été capable de comprendre l'ACV du Boiston ? »

Les réponses possibles étaient : Pas du tout, Faiblement, Fortement, Intégralement.

	Pas du tout	Faiblement	Fortement	Intégralement
Total	0	3	13	5
Groupe 1	0	0	3	0
Groupe 2	0	0	1	2

Nombre d'occurrence des réponses



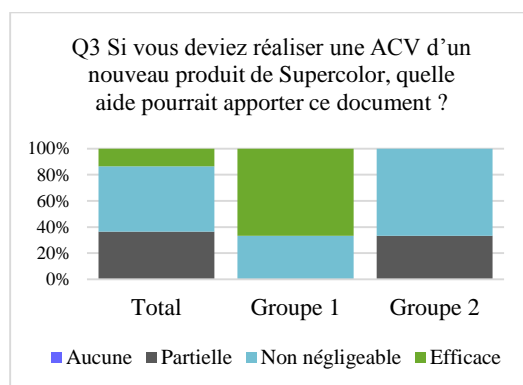
Etudiant	Sous quelles hypothèses votre réponse est-elle valide ?
13	<i>Principalement pour les étapes et tout ce qui est qualitatif. Pour les données chiffrées, je les avais un peu occultées au premier abord car elles ne me semblaient pas entrer dans le même contexte, mais plus dans des données techniques. Il manque peut être des définitions de certains procédés et ceci peut mener à un problème d'interprétation et des raisonnements faux.</i>
11	<i>Uniquement pour les phases et les branches utiles à mon ACV (sujets 1 et 2) c'est à dire le bois, les vis pour les phases de production et de transport. De plus j'utilisais surtout les deux derniers éléments de chaque branche en général : méthode de calcul et résultats numériques</i>
12	<i>Il permet d'avoir une vision d'ensemble et aussi de comprendre les différentes hypothèses et potentiels solutions.</i>
21	<i>Pour toutes les phases</i>
22	<i>Toutes les phases.</i>
31	<i>Le document était très clair, en revanche, sur le fichier Excel, il n'était pas bien expliqué comment importer la base de données et les différents fichiers. Certaines parties de l'ACV étaient relativement éloignées de ce qu'il y avait sur le document. Malgré tout, après un petit temps d'adaptation, le document Excel était compréhensible.</i>
32	<i>Seulement sous les phases de transport et production.</i>
33	<i>Le fichier excel contient beaucoup d'informations plus ou moins bien présentés. il nécessite beaucoup de temps avant de comprendre son utilisation et de pouvoir l'exploiter adéquatement</i>
41	<i>Uniquement pour quelques phases de cycles de vie : Phase de production, fin de vie.</i>
43	<i>pour tout le cycle de vie</i>
51	<i>Le document ne m'a pas particulièrement aidé à comprendre l'ACV. J'aurais pu comprendre l'ACV sans le document. Il nous a été utile pour comprendre les liens entre les composants, mais un autre type de schéma aurait pu être possible.</i>
52	<i>Cela nous a surtout permis de faire le lien entre les données de la base de données et le cycle de vie du produit. On comprenait donc mieux quels composants étaient considérés pour chaque phase du cycle de vie.</i>
53	<i>Pour une phase du cycle de vie</i>
61	<i>Grand nombre de données à lire mais assez compréhensibles.</i>
62	<i>oui pour tout le cycle de vie, cependant on ne fait pas le lien avec les contraintes géométriques ou concept physique du produit. Seul le concepteur a en tête les éventuels changements sur la conception</i>
63	<i>Les phases de cycles de vie sont bien compréhensibles de manière indépendantes</i>
91	<i>pour les phases que nous avons eu le temps d'aborder</i>
93	<i>Pas assez de temps et pas la nécessité de regarder en détail tout le cycle de vie et d'où venaient les données, mais permet de comprendre des lignes précises de l'ACV.</i>

4. Question n°3 « Si vous deviez réaliser une ACV d'un nouveau produit de Supercolor, quelle aide pourrait apporter ce document ? »

Les réponses possibles étaient : Aucune, Partielle, Non négligeable et Efficace

	Aucune	Partielle	Non négligeable	Efficace
Total	0	8	11	3
Groupe 1	0	0	1	2
Groupe 2	0	1	2	0

Nombre d'occurrence des réponses



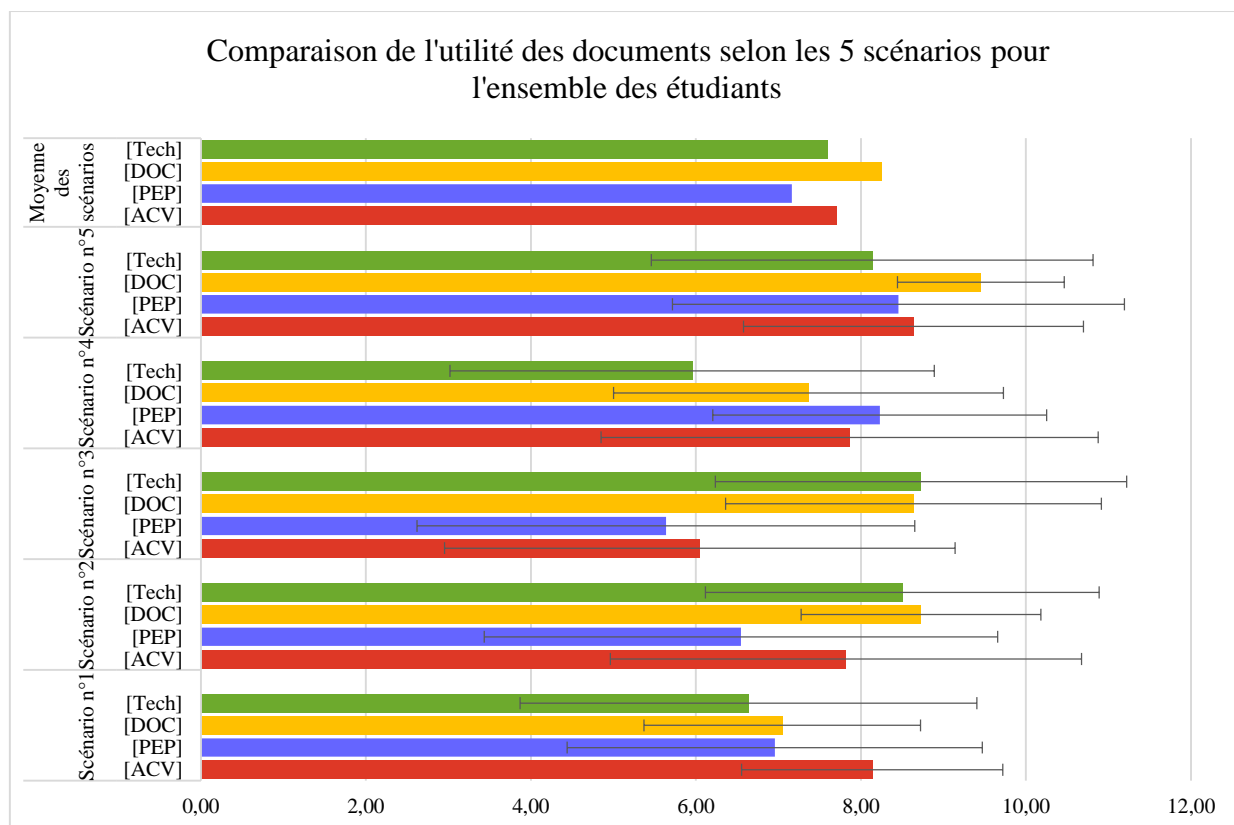
Etudiant	Sous quelles hypothèses votre réponse est-elle valide ?
11	On peut supposer que les fournisseurs sont les mêmes, que les valeurs de consommation par heure sont les mêmes, ainsi que la fin de vie des différents matériaux...
12	à la condition que le produit reste simple. Le risque c'est de se perdre dans le problème en considérant trop possibilités différentes.
23	à condition qu'ils s'agissent du même type de matériaux utilisés. Les mêmes procédés de fabrication.
21	On pourrait s'en servir d'exemple et adapter les caractéristiques au produit que nous avons. Il ne servirait dans le cas où les processus de fabrication soient différents, dans ce cas il faudrait rechercher sur internet ces processus de fabrication
22	Façon de penser de l'entreprise.
31	Ce produit est suffisamment complet pour balayer une bonne partie des autres produits donc il ne devrait pas y avoir de grande difficulté pour réaliser une ACV d'un autre produit.
32	Ce document est très complet pour voir un ACV, et peut aider beaucoup si on a besoin d'un exemple
33	Le document permet de bien comprendre les choix ainsi que les étapes complètes du cycle de vie avec des exemples de calculs
41	Pour quelques phases du cycle de vie.
43	Pour l'ensemble du cycle de vie du produit
51	À condition que le document soit davantage expliqué ou de prendre plus de temps pour le comprendre. Comme nous ne l'avons pas beaucoup utilisé, je n'ai pas pris le temps de le comprendre en profondeur. Dans un autre contexte, il nous serait peut-être plus utile.
52	Si le document a été introduit aux gens qui doivent l'utiliser.
61	Le prototype est bon pour aider dans la conception d'un nouveau produit.
62	si le produit a un cycle de vie comparable et le même parcours de vie
63	Si les fournisseurs sont les mêmes (transports) Si les matériaux utilisés sont les mêmes que pour le banc (données techniques dans les phases de production)
91	à condition que la politique de l'entreprise soit homogène vis à vis des choix d'écoconception
92	A condition que Supercolor utilise des matériaux ou composants semblables, des fournisseurs/sous-traitants identiques. Par exemple, un lampadaire et un banc seront tout deux situés en extérieur, ils peuvent donc avoir le même bois et la même peinture. Si la modification sur l'un de la peinture s'avère pertinente, la modification le sera aussi sur l'autre.
93	L'entreprise utilise certainement des composants et procédés propres, d'où l'utilité de ce document. De plus, il explique les choix réalisés face à une absence de données de Bilan Produit (cela permettrait une cohérence des analyses)

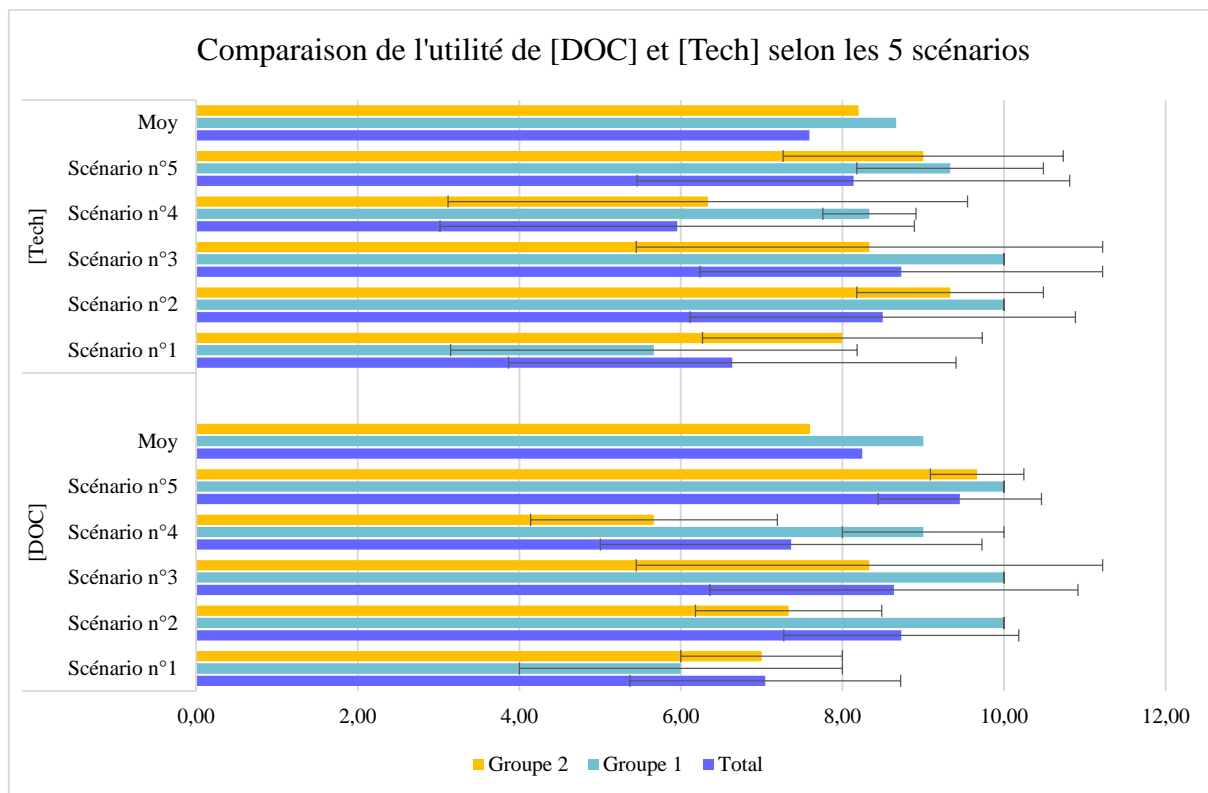
5. Question n°4 « Pour réaliser une ACV, vous pouvez disposer de plusieurs documents, pouvez-vous préciser l'utilité de chacun selon les 5 scénarios suivants ? »

Pour chaque scénario, les réponses étaient de 0 (aucunement) à 10 (indispensable). Les documents considérés étaient : fichiers d'anciennes études au format du logiciel d'ACV [ACV], PEP'ecopassport (résultats de l'ACV) [PEP], documents techniques (plans, nomenclature...) [Tech], documents d'explications de l'ACV [DOC].

	Total			Groupe 1			Groupe 2		
	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Médiane
Scénario n°1 : "Je dois réaliser une ACV d'un produit légèrement modifié"									
[ACV] Scénario n°1	8,14	1,58	8,00	8,67	2,31	10,00	8,00	0,00	8,00
[PEP] Scénario n°1	6,95	2,52	6,50	6,67	1,15	6,00	7,67	2,52	8,00
[DOC] Scénario n°1	7,05	1,68	7,00	6,00	2,00	6,00	7,00	1,00	7,00

[Tech] Scénario n°1	6,64	2,77	7,00	5,67	2,52	6,00	8,00	1,73	7,00
Scénario n°2 : "Je dois réaliser les ACV de l'intégralité d'une gamme"									
[ACV] Scénario n°2	7,82	2,86	9,00	9,33	1,15	10,00	8,33	1,53	8,00
[PEP] Scénario n°2	6,55	3,11	7,00	6,67	4,16	8,00	8,00	1,73	7,00
[DOC] Scénario n°2	8,73	1,45	9,00	10,00	0,00	10,00	7,33	1,15	8,00
[Tech] Scénario n°2	8,50	2,39	10,00	10,00	0,00	10,00	9,33	1,15	10,00
Scénario n°3 : "Je dois réaliser l'ACV d'un nouveau produit"									
[ACV] Scénario n°3	6,05	3,09	6,00	6,33	3,06	7,00	5,67	3,21	7,00
[PEP] Scénario n°3	5,64	3,02	6,00	6,33	4,04	7,00	5,67	4,04	5,00
[DOC] Scénario n°3	8,64	2,28	10,00	10,00	0,00	10,00	8,33	2,89	10,00
[Tech] Scénario n°3	8,73	2,49	10,00	10,00	0,00	10,00	8,33	2,89	10,00
Scénario n°4 : "Je dois expliquer une ACV que j'ai réalisée"									
[ACV] Scénario n°4	7,86	3,01	10,00	9,00	1,73	10,00	8,33	2,89	10,00
[PEP] Scénario n°4	8,23	2,02	9,00	9,67	0,58	10,00	8,67	1,15	8,00
[DOC] Scénario n°4	7,36	2,36	7,00	9,00	1,00	9,00	5,67	1,53	6,00
[Tech] Scénario n°4	5,95	2,94	5,00	8,33	0,58	8,00	6,33	3,21	5,00
Scénario n°5 : "Je dois expliquer les résultats d'une ACV que je n'ai pas réalisée"									
[ACV] Scénario n°5	8,64	2,06	10,00	9,67	0,58	10,00	8,00	2,00	8,00
[PEP] Scénario n°5	8,45	2,74	10,00	9,67	0,58	10,00	10,00	0,00	10,00
[DOC] Scénario n°5	9,45	1,01	10,00	10,00	0,00	10,00	9,67	0,58	10,00
[Tech] Scénario n°5	8,14	2,68	9,50	9,33	1,15	10,00	9,00	1,73	10,00
Scénario MOY : moyenne des 5 scénarios									
[ACV] moy	7,70	0,98	7,86	8,60	1,32	9,00	7,67	1,13	8,00
[PEP] moy	7,16	1,18	6,95	7,80	1,71	6,67	8,00	1,58	8,00
[DOC] moy	8,25	1,01	8,64	9,00	1,73	10,00	7,60	1,50	7,33
[Tech] moy	7,59	1,23	8,14	8,67	1,81	9,33	8,20	1,17	8,33





Il était possible de préciser sa réponse pour chaque scénario :

Etudiant	Scénario n°1	Scénario n°2	Scénario n°3	Scénario n°4	Scénario n°5
13	fichiers d'autres acv, permet de voir ce qui a déjà été fait, ne rien oublier, voir ce qu'il manque, ce qu'il faut modifier etc...	Documents d'explications indispensables pour s'assurer que l'on situe bien le contexte et qu'on ne sera pas en hors sujet. Pour les docs techniques, l'intérêt est de réaliser des ACV bien correspondantes	Documents d'explications indispensables pour s'assurer que l'on situe bien le contexte et qu'on ne sera pas en hors sujet. Pour les docs techniques, l'intérêt est de réaliser des ACV bien correspondantes		
12	pas indispensable	indispensable			
23		Comparatif technique des produits de la gamme			
32	Si on parle d'un produit légèrement modifié on a besoin de les outils, mais l'info sur le produit on les a déjà étudié	Il faut avoir beaucoup d'information pour faire un ACV valide, donc on a besoin de tous ces outils/documents	On doit avoir tout l'information si on veut créer un nouveau produit et étudier les impacts	le PEP est indispensable parce que c'est la forme la plus facile d'expliquer ce qu'est qu'on a fait	Pour comprendre ce qu'est qu'on n'a pas fait on doit avoir tout l'information possible pour essayer d'expliquer l'ACV
51				Plans	Plans
52					Compréhension technique
61	Documents utiles mais pas indispensables		Tous les documents sont utiles et complémentaires		
62	une ACV complète doit contenir le maximum d'information utile, qui est les synthèses de tous les documents ci-dessus	idem cas 1	ACV pour avoir une base de réflexion	les documents d'explication et techniques posent le contexte, les autres montrent les hypothèses	idem 4
63	Si le produit est légèrement modifié on n'a pas besoin de l'intégralité des documents techniques				Il faut comprendre comment ces résultats sont obtenus, d'où l'utilité des fichiers

	mais plutôt des fichiers acv de la version antérieur et des documents d'explications				ACV et documents techniques
92	On peut comparer uniquement les points de modifications et leurs impacts. Cela va quand même très vite de modifier uniquement un paramètre et de faire un tableau comparatif puis obtenir un écart relatif.				

6. Questions n°5 et n°5bis « Pensez-vous que la version du document dont vous disposez décrit l'intégralité du modèle ACV du Boiston utilisé dans Bilan Produit? »

Etudiant	Question 5. Pensez-vous que la version du document dont vous disposez décrit l'intégralité du modèle ACV du Boiston utilisé dans Bilan Produit?
13	<i>Non, il manque la définition des procédés de production et des informations sur les équipements de l'usine pour les réglages possibles et les qqtés d'énergie consommées en fonction de la tâche réalisée par l'équipement</i>
11	<i>oui</i>
12	<i>oui.</i>
23	<i>Je pense que cette version est relativement complète. Il manque cependant le détail de la phase de fin de vie. De plus certaines données n'ont pas pu être représentées correctement car elles n'étaient pas directement proposées par le logiciel Bilan produit (comme le type de peinture par exemple ou le type de bois.</i>
21	<i>Non, car on peut toujours être plus précis par exemple nous avons la capacité de charge du camion mais pas son volume donc nous ne savons pas exactement ce qui "rentre" dedans.</i>
22	<i>Non les informations sur la fin de vie n'étaient pas très précises.</i>
31	<i>Oui.</i>
32	<i>Oui, pour l'analyse qu'on a fait le document suffi.</i>
33	<i>Il est important d'avoir la nomenclature bien défini sous forme de tableau ainsi que les informations sur le transport comme dans le document technique. L'information est pressente mais elle n'est pas bien synthétisé</i>
41	<i>L'étude a été simplifiée et donc ne décrit pas tout le modèle ACV. (par exemple, le vernis qui n'a pas été modélisé).</i>
42	<i>Il y a sans doute des éléments qui n'ont pas été pris en compte ici pour simplifier l'étude. Par exemple, en phase de production le vernis n'a pas été pris en compte alors qu'en réalité l'entreprise en utilise.</i>
43	<i>Oui je pense que le mode ACV fourni répondait correctement à la modélisation probable du cycle de vie de notre produit.</i>
51	<i>Non. Nous avons eu besoin de d'autres documents pour compléter. Explications détaillées sur le produit et sur la compagnie (photo du prototype), qui n'est pas indispensable mais utile. Fichier ACV et résultats (diagrammes, diagramme araignée)</i>
52	<i>Il semble que le document reflète bien toutes les informations concernant les phases du cycle de vie (Type de matériau, l'unité, la quantité) et même les points faibles et points forts reliés aux données fournies par le document lui-même.</i>
53	<i>Oui</i>
61	<i>Oui</i>
62	<i>Non car l'information de fin de vie du produit sont très peu précise. Tout l'enjeu de l'éco conception réside dans la fin de vie du produit pour un banc, même si actuellement la fin de vie est catastrophique, il faut la développer.</i>
63	<i>Il manque peut-être les quantités des éléments et non seulement le volume ou le poids le fait qu'il soit précisé lorsqu'il y a des hypothèses est une bonne chose</i>
72	<i>Aucune idée</i>
91	<i>intégralement non, mais info suffisantes pour l'ampleur de l'étude menée</i>
92	<i>Je ne suis pas certain que l'on décrive bien l'aspect réutilisation des palettes à travers ce cv.</i>
93	<i>Certaines données sensibles ont peut-être été supprimées mais cela paraît peu probable.</i>

Etudiant	Q5bis Pensez-vous qu'il soit toujours nécessaire de représenter toutes ces informations ?
13	<i>oui</i>
11	<i>Pas forcément si on indique que on a gardé uniquement les données utiles et exploitables dans un coin du document cela permet d'éviter d'avoir des flèches où au bout on nous dit qu'il n'y a pas de valeurs et d'informations</i>
12	<i>non, pas nécessairement</i>
23	<i>Je pense qu'il est important d'avoir une vision clair de l'ensemble des données d'ACV telles que présentées dans le document d'ACV. Cela permet de comprendre le problème dans sa globalité et modifier des données auxquelles on n'aurait pas pensé au début (comme modifier la masse transportée en fin de vie)</i>
21	<i>Non, car parfois certaines sont négligeables, il semble essentielle de conserver la masse, l'énergie consommée etc.</i>
22	<i>Non, il faut adapter les informations à distribuer avec les compétences de chacun. Le dessin technique des planches en bois n'était pas particulièrement nécessaire.</i>
31	<i>Oui.</i>
32	<i>ça dépend de qu'est-on à besoin d'étudier, mais si on veut faire un ACV complet ils sont nécessaires.</i>
33	<i>non, on pourrait présenter seulement les choix finaux sans les présenter les décisions</i>
41	<i>Non, il n'est pas nécessaire car si les composants du produit n'ont pas d'impact environnementaux, il n'est pas nécessaire de les mentionner.</i>

42	<i>Oui car elles sont utiles pour savoir sur quelle partie il faut jouer (par exemple, modifier la masse du bois) pour améliorer l'écoconception du produit. Cependant les informations pourraient être moins détaillées pour simplifier le document afin qu'il soit plus "lisible"</i>
43	<i>Oui il est important dans n'importe quel cas de fournir toutes ces informations. On doit avoir la possibilité de changer n'importe quel matériau pour n'importe quelle phase du cycle de vie de notre produit</i>
51	<i>Ca dépend. Autant il est nécessaire de donner des informations complètes, autant il vaut mieux ne pas surcharger d'infos et que l'utilisateur se perde. Ainsi, je crois que le document nomenclature est indispensable dans la plupart des cas, mais autant le document explicatif du contexte du produit et de ses composants techniques. Le document sur Supercouloir nous a été moins utile, comme le chargé de TD nous a présenté au préalable la compagnie. Nous n'avons donc pas eu à relire. Toutefois, dans un autre contexte, il serait important de l'avoir.</i>
52	<i>Bien que le schéma reflète bien la structure du produit pour chaque phase du cycle de vie, il reste qu'il est très facile de s'y perdre avec toutes les données. Un tableau résumant toutes ces informations permet d'avoir l'information un peu plus rapidement. Je crois que de synthétiser un peu plus l'information et de ne pas tout montrer faciliterait la compréhension du document.</i>
53	<i>Oui</i>
61	<i>Oui</i>
62	<i>Pas forcément, les informations non impactées ou très peu influentes peuvent à termes être négligée de manière en rendre plus lisible l'analyse des composants et phases les plus impactées.</i>
63	<i>Les données techniques et caractéristiques des matériaux sont à conserver. Les modes de consommation, transport peuvent être plus détaillé</i>
72	<i>Je ne pense pas</i>
91	<i>oui</i>
92	<i>On sait globalement que la phase de transport est peu impactant en camion. La modélisation de cette phase pourrait donc être évitée.</i>
93	<i>Cela dépend de ce que l'on veut faire, mais pour calculer des indicateurs il est préférable de disposer de toutes les informations.</i>
Etudiant	<i>Pensez-vous qu'il soit toujours nécessaire de représenter toutes ces informations ?</i>
13	<i>oui</i>
11	<i>Pas forcément si on indique que on a gardé uniquement les données utiles et exploitables dans un coin du document cela permet d'éviter d'avoir des flèches où au bout on nous dit qu'il n'y a pas de valeurs et d'informations</i>
12	<i>non, pas nécessairement</i>
23	<i>Je pense qu'il est important d'avoir une vision clair de l'ensemble des données d'ACV telles que présentées dans le document d'ACV. Cela permet de comprendre le problème dans sa globalité et modifier des données auxquelles on n'aurait pas pensé au début (comme modifier la masse transportée en fin de vie)</i>
21	<i>Non, car parfois certaines sont négligeables, il semble essentielle de conserver la masse, l'énergie consommée etc.</i>
22	<i>Non, il faut adapter les informations à distribuer avec les compétences de chacun. Le dessin technique des planches en bois n'était pas particulièrement nécessaire.</i>
31	<i>Oui.</i>
32	<i>ça dépend de qu'est-on à besoin d'étudier, mais si on veut faire un ACV complet ils sont nécessaires.</i>
33	<i>non, on pourrait présenter seulement les choix finaux sans les présenter les décisions</i>
41	<i>Non, il n'est pas nécessaire car si les composants du produit n'ont pas d'impact environnementaux, il n'est pas nécessaire de les mentionner.</i>
42	<i>Oui car elles sont utiles pour savoir sur quelle partie il faut jouer (par exemple, modifier la masse du bois) pour améliorer l'écoconception du produit. Cependant les informations pourraient être moins détaillées pour simplifier le document afin qu'il soit plus "lisible"</i>
43	<i>Oui il est important dans n'importe quel cas de fournir toutes ces informations. On doit avoir la possibilité de changer n'importe quel matériau pour n'importe quelle phase du cycle de vie de notre produit</i>
51	<i>Ca dépend. Autant il est nécessaire de donner des informations complètes, autant il vaut mieux ne pas surcharger d'infos et que l'utilisateur se perde. Ainsi, je crois que le document nomenclature est indispensable dans la plupart des cas, mais autant le document explicatif du contexte du produit et de ses composants techniques. Le document sur Supercouloir nous a été moins utile, comme le chargé de TD nous a présenté au préalable la compagnie. Nous n'avons donc pas eu à relire. Toutefois, dans un autre contexte, il serait important de l'avoir.</i>
52	<i>Bien que le schéma reflète bien la structure du produit pour chaque phase du cycle de vie, il reste qu'il est très facile de s'y perdre avec toutes les données. Un tableau résumant toutes ces informations permet d'avoir l'information un peu plus rapidement. Je crois que de synthétiser un peu plus l'information et de ne pas tout montrer faciliterait la compréhension du document.</i>
53	<i>Oui</i>
61	<i>Oui</i>
62	<i>Pas forcément, les informations non impactées ou très peu influentes peuvent à termes être négligée de manière en rendre plus lisible l'analyse des composants et phases les plus impactées.</i>
63	<i>Les données techniques et caractéristiques des matériaux sont à conserver. Les modes de consommation, transport peuvent être plus détaillé</i>
72	<i>Je ne pense pas</i>
91	<i>oui</i>
92	<i>On sait globalement que la phase de transport est peu impactant en camion. La modélisation de cette phase pourrait donc être évitée.</i>
93	<i>Cela dépend de ce que l'on veut faire, mais pour calculer des indicateurs il est préférable de disposer de toutes les informations.</i>

7. Question n°6 « Pensez-vous être en mesure de réaliser ce type de document lors d'une nouvelle étude ? »

Etudiant	Pensez-vous être en mesure de réaliser ce type de document lors d'une nouvelle étude ?
----------	--

13	<i>Avec les documents support adéquats pourquoi pas.</i>
11	<i>Cela peut prendre beaucoup de temps de coller toutes les données sans en oublier</i>
12	<i>les informations nécessaires sont beaucoup et pas d'immédiates réversibilités.</i>
23	<i>Pour un modèle aussi détaillé, je ne suis pas sûr mais sur certaine phase du cycle vie, il est possible de réaliser ce type de document</i>
21	<i>Avec un document servant d'exemple à côté et un peu d'huile de coude oui!</i>
22	<i>Oui mais avec plus de 1h30.</i>
31	<i>Avec des explications sur le produit, je pense que oui.</i>
32	<i>Si j'ai suffisamment d'information et des documents techniques oui.</i>
33	<i>oui je crois que si on le commence tôt dans la phase de conception pour considérer les différents choix je pourrais compléter un document du genre</i>
41	<i>Oui, une fois qu'on a utilisé le fichier bilan produit, cela est plus intuitif pour une nouvelle étude.</i>
42	<i>Eventuellement, avec ce document sous les yeux.</i>
43	<i>Dans le cas où les documents techniques et la description des étapes de fabrication, assemblage, distribution, utilisation il est facile de réaliser une telle étude.</i>
51	<i>Pas dans le moment. Je ne sais pas avec quel logiciel ce document a été réalisé. Je ne connais pas les informations qui doivent y figurer et quelle est la méthode de structure de celles-ci. Avec une petite présentation du document, je pourrais y arriver.</i>
52	<i>N'ayant pas assez utilisé ce document lors de l'exercice, je ne crois pas être en mesure de pouvoir le recréer. Cependant, je saurais créer un document qui serait ressemblant et aurait la même utilité.</i>
53	<i>Oui</i>
61	<i>Oui, je pense que ce document est applicable à différents domaines.</i>
62	<i>Oui, mais cela prend beaucoup de temps afin de mettre en forme ce type de synthèse visuelle, peut être développé un outil informatique d'aide à la saisie</i>
63	<i>Il faudrait être un peu plus formé sur ce document</i>
72	<i>Oui si l'on a facilement accès à l'ensemble des informations nécessaires</i>
91	<i>pourquoi pas, mais tâche fastidieuse, pas forcément dans l'esprit de l'UE</i>
92	<i>Oui en 2 à 6H.</i>
93	<i>Oui, à condition d'avoir les données techniques (les mêmes qui ont servi à l'établissement de ce document).</i>

8. Question n°7 « Voyez-vous d'autre(s) utilisation(s) à ce type de document ? »

Etudiant	Voyez-vous d'autre(s) utilisation(s) à ce type de document ?
13	<i>Si fournit au client ou à l'utilisateur sous une forme un peu plus simplifiée, peut permettre de sensibiliser le client et/ou l'utilisateur du produit à tout le cycle derrière le produit et tous les impacts que cela a.</i>
12	<i>oui, ce sont des outils de communication aussi avec l'externe.</i>
23	<i>Pas forcément.</i>
21	<i>Utilisation en tant qu'avantage commercial auprès des clients lorsque celui-ci est optimisé</i>
22	<i>Expliquer une démarche ou certain aspect du produit au client.</i>
41	<i>Non</i>
42	<i>Pas spécialement.</i>
51	<i>Comprendre la nomenclature du produit et les détails sur ces composants.</i>
52	<i>Oui, il est très similaire à une nomenclature de produit. En effet, on retrouve certaines informations communes aux deux documents.</i>
53	<i>Non</i>
62	<i>oui, circulation d'informations au sein de l'entreprise</i>
63	<i>non</i>
72	<i>Non</i>
91	<i>aider à trouver des arguments marketing/communication ?</i>
93	<i>Justifier de l'impact environnemental auprès d'un client, d'une institution.</i>

9. Question n°8 « Quelles sont pour vous les difficultés de réalisation d'une ACV ? »

Etudiant	Quelles sont pour vous les difficultés de réalisation d'une ACV ?
13	<i>Ne rien omettre et penser à tous les éléments impliqués ainsi qu'à toutes les phases de vie.</i>
11	<i>Bien définir</i>
12	<i>obtenir l'information et les modéliser dans un logiciel</i>
23	<i>La sélection des données pertinentes. Le niveau de détail a développé pour avoir une ACV complète</i>
21	<i>C'est un travail fastidieux! Ce qui n'est pas un travail difficile, mais importe tout de même</i>
22	<i>Le temps et l'objectivité des personnes. L'acquisition des données importantes peut aussi être très problématique.</i>
31	<i>Penser à tout (Électricité, ...)</i>
32	<i>la principale difficulté est d'avoir tout l'information nécessaire pour le faire, il n'est pas toujours possible d'avoir tous ces informations</i>
33	<i>comprendre les différents impacts d'une modifications et changer les bons éléments impactés</i>
41	<i>Prendre en compte toutes les phases (distribution, fabrication, usage, fin de vie). Il faut aussi noter toutes les consommations (eau, énergie, ...)</i>
42	<i>Il s'agit d'un travail complexe, la plus grande difficulté est selon moi, de n'oublier aucun élément.</i>
43	<i>Une telle réalisation possède la difficulté d'être fastidieuse. En effet pour un produit il existe de nombreuses façons d'assembler, créé, distribué. Il faut cerner l'ensemble de ces dynamiques les comprendre, et les simuler entièrement sur le logiciel.</i>
51	<i>Il nous manque souvent des données. Nous devons poser des hypothèses, et j'ai parfois l'impression de mettre des valeurs arbitraires et donc d'évaluer des ACV qui ne sont basées sur rien de concret.</i>

52	<i>De ne pas pouvoir observer et connaître davantage le produit lui-même. Je trouve difficile puisqu'on doit poser plusieurs hypothèses. Si j'avais à effectuer une ACV dans un futur proche, j'aimerais pouvoir mieux comprendre le produit et son processus de fabrication.</i>
53	<i>La collecte de données crédible.</i>
62	<i>temps, détails d'analyse, modification en même temps que les nouvelles versions de CAO</i>
63	<i>Prendre en compte tous les éléments intervenant dans le cycle de vie du produit Identifier comment la modification d'un élément influe sur l'ensemble de l'acv</i>
72	<i>Ne pas oublier de critères lorsque l'on souhaite modifier la valeur d'un élément (quantité, masse, etc...)</i>
91	<i>comparaison d'entités dans des unités différentes le contexte nécessite souvent une certaine expertise</i>
92	<i>Les approximations peuvent parfois être grossières.</i>
93	<i>Récupérer les données, disposer des entrées correspondantes dans la bd, définir un paramètre d'étude pertinent et s'y restreindre.</i>

10. Question n°9 « Donnez 2 avantages et 2 inconvénients que possède ce type de document? »

Etudiant	Avantages	Inconvénients
13	<i>Structure d'arbre permettant d'accéder rapidement aux informations sur un élément particulier. Avoir le contexte et les informations techniques.</i>	<i>Beaucoup d'informations, on peut se perdre un petit peu dans l'arbre et oublier certains aspects. De même, toutes les données n'étant pas sur le même document, on peut oublier qu'on a certaines informations d'un autre type sur un autre document.</i>
11	<i>On a toutes les données sur un graphique avec leur lien et pas un tableau plein de chiffres On peut voir la logique d'obtention des informations</i>	<i>Il ne faut pas trop charger le document: pas trop d'informations Bien organiser le document pour qu'il soit facilement lisible: informations bien disposées</i>
12	<i>vision d'ensemble et au même temps focalisation</i>	<i>difficile implémentation,</i>
23	<i>Clarté des schémas et visuellement c'est assez simple à comprendre Concentré sur l'essentiel</i>	<i>La grandeur du graph, la représentation en arbre de cette manière est rapidement conséquente</i>
21	<i>permet de comprendre tout le processus de fabrication permet de se rendre compte de toutes les dépenses (énergétique, de matières premières, etc.) dont on ne se rend pas compte</i>	<i>documents qui sont parfois assez longs étude fastidieuse</i>
22	<i>-centralisation des infos -facilité de compréhension du produit</i>	<i>-difficulté de création à cause des collectes de données -peut être trop long à lire</i>
31	<i>Vision globale du produit. Possibilité de savoir quelle phase de vie est la plus impactant, quelle partie du produit impacte sur tel ou tel milieu, etc. Grâce à cela, on peut savoir sur quelle partie travailler.</i>	<i>Relativement long à mettre en place. Certaines données sont parfois approximées et peuvent donner des résultats pas toujours cohérents.</i>
32	<i>C'est facile à faire C'est facile à expliquer à d'autres personnes</i>	<i>il n'est pas très complet il n'est pas le plus fiable</i>
33	<i>il est séparé selon les différentes phases de vie une fois qu'on les a compris, les symboles sont simples</i>	<i>Certaines informations (nomenclature, transport,...) sont mal présentées. Certains calculs sont manquants et nécessitent une réflexion plus approfondis pour comprendre</i>
41	<i>1/ Connaître les impacts environnementaux 2/ Simplification de Sima pro</i>	<i>1/ Il faut toujours cliquer sur les cases définies par des macros compléments pour enregistrer. 2/ Pour une première utilisation, pas très intuitif (notamment lorsque nous avons voulu comparé deux pistes).</i>
42	<i>- Résumé l'ACV : les logiciels ne nous donnent pas un résumé aussi "synthétiques" ! - Très complet</i>	<i>- Beaucoup d'information - Pas très "esthétique" : ce qui implique une certaine réticence pour le regarder. (ce n'est donc pas très intuitif)</i>
43	<i>Ce document est précis, facile d'utilisation et relativement rapide en comparaison à sima pro par exemple</i>	<i>Le logiciel est parfois non intuitif, et rend parfois la progression difficile et fatigante.</i>
51	<i>Offre une structure visuelle pour comprendre la nomenclature d'un produit. Permet de regrouper plusieurs types de données au même endroit.</i>	<i>N'offre pas de détails sur les informations. Ne contient pas tout ce qu'il convient de savoir sur le produit (pas d'explication des choix, détails sur les fournisseurs, photos, etc.)</i>
52	<i>Contient les données pertinentes pour la base de données. La division selon les différentes phases facilite la transition avec l'outil.</i>	<i>Peut devenir lourd lorsqu'il contient beaucoup d'information. Devrait être mieux introduit aux personnes qui devront l'utiliser.</i>
53	<i>On a un bon aperçu des résultats et on peut identifier ou on a besoin d'apporter des améliorations. On peut facilement changer les données. On ne doit pas faire ça dans un ordre déterminé.</i>	<i>On ne sait pas si on a raté quelque chose dans les données.</i>
61	<i>-être qualitative -Avoir en output des données précises quand même</i>	<i>-Un peu difficile à utiliser -peu coïncidé</i>
62	<i>synthétique, réuni plusieurs information disponibles sur plusieurs autres documents</i>	<i>une de plus à lire, compréhensible que par les personnes initiées</i>
63	<i>Facilement compréhensible Synthétique</i>	<i>Les informations apparaissent déjà dans d'autres documents</i>
72	<i>Clair, concis</i>	<i>Les critères sont non exhaustifs</i>

91	-informations complémentaires auxquelles on peut se rapporter au besoin -vision synthétique	-beaucoup d'informations -approche plutôt qualitative
92	Visualisation rapide,	information peu précise.
93	Réutilisable par tous Simple	Peu d'entrées dans la bd Outil peu souple (obligation d'effacer une ligne pour modifier autre chose que la quantité, impossibilité de créer des sous composants distincts et de les réutiliser par la suite)

Résumé

L'écoconception d'un produit vise à réduire, dès sa phase de conception, son futur impact environnemental. Dans un contexte fortement concurrentiel, ceci peut être vécu comme une nouvelle contrainte venant s'ajouter à des processus industriels déjà très entravés. Les entreprises souhaitant appliquer de telles démarches sont donc à la recherche de solutions pour faciliter et renforcer l'intégration de l'environnement en conception, mais aussi faire en sorte de la rendre pérenne. L'originalité de cette thèse est d'aborder cette question selon la place des connaissances, et donc des acteurs, en montrant que ces difficultés d'intégration résultent d'un manque de connaissances locales. Nous proposons une réponse selon trois niveaux d'intervention afin d'améliorer ces démarches : (1) la méthode K²stor met en évidence, dans les processus d'écoconception, les défaillances liées à un besoin de connaissances locales, (2) l'approche K²afé crée des situations d'interaction entre acteurs en entreprise afin de construire des connaissances locales cibles et (3) K²alligraphie est un formalisme pour faciliter le partage des raisonnements propres aux modélisations en Analyse de Cycle de Vie entre ses praticiens. Ces trois propositions ont été mises à l'épreuve en milieu industriel ou selon des contextes directement inspirés de données réelles. L'observation et l'analyse de l'usage de ces propositions démontrent leur opérationnalité et leur efficacité. Ceci nous amène finalement à dresser les contours d'une plateforme dédiée à la construction de connaissances locales en écoconception.

Mots-clefs : Ecoconception, Connaissances locales, Construction de connaissance, Conception intégrée, Conception collaborative, Analyse de Cycle de Vie

Title : Taking local knowledge into account to improve ecodesign approaches

Abstract : In an ecodesign process, designers try to reduce the environmental impact of the product while keeping the usual objectives of competitiveness, quality, and time to market. In a highly competitive context, companies require support to easily and strongly integrate the environment, while, at the same time, keeping a real long term perspective. The originality of this thesis is that it addresses this challenge through knowledge, and thus stakeholder, perspective. We demonstrate how a lack of local knowledge can affect the integration of environmental concerns into the design process. That is why we propose a three step answer to improve the ecodesign approach: (1) K²stor methodology highlights failures linked to a need of local knowledge, (2) K²afé approach creates a social interaction situation between the stakeholders to construct target knowledge and (3) K²alligraphie is a formalism developed to facilitate the sharing of Life Cycle Analysis reasoning between its users. These three proposals have been tested in an industrial context and through observations. The analysis of the usage of these three propositions lead us to confirm their efficiency. Finally, an ecodesign knowledge platform is outlined.