



HAL
open science

Intégration des enjeux de soutenabilité dans les projets de conception-approche par les parties prenantes

Alexis Lalevée

► **To cite this version:**

Alexis Lalevée. Intégration des enjeux de soutenabilité dans les projets de conception-approche par les parties prenantes. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université de Technologie de Troyes, 2024. Français. NNT : 2024TROY0022 . tel-04940716

HAL Id: tel-04940716

<https://hal.science/tel-04940716v1>

Submitted on 11 Feb 2025

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
de doctorat
de l'UTT

Alexis LALEVÉE

Intégration des enjeux de soutenabilité dans les projets de conception-approche par les parties prenantes

Champ disciplinaire :
Sciences pour l'Ingénieur

2024TROY0022

Année 2024



THESE

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR

de l'UNIVERSITE DE TECHNOLOGIE DE TROYES

en SCIENCES POUR L'INGENIEUR

Spécialité : SYSTEMES SOCIOTECHNIQUES

présentée et soutenue par

Alexis LALEVÉE

le 29 août 2024

**Intégration des enjeux de soutenabilité dans les projets
de conception-approche par les parties prenantes**

JURY

M. Nicolas PERRY	PROFESSEUR DES UNIVERSITES	Président
M. Lionel ROUCOULES	PROFESSEUR DES UNIVERSITES	Rapporteur
Mme Flore VALLET	ENSEIGNANTE-CHERCHEURE CENTRALESUPELEC – HDR	Rapporteure
M. Éric CHÂTELET	PROFESSEUR DES UNIVERSITES	Examineur
M. Thierry GIDEL	MAITRE DE CONFERENCES – HDR	Examineur
Mme Peggy ZWOLINSKI	PROFESSEURE DES UNIVERSITES	Examinatrice
M. Éric BLANCO	MAITRE DE CONFERENCES – HDR	Directeur de thèse
Mme Nadège TROUSSIER	PROFESSEURE DES UNIVERSITES	Directrice de thèse

Personnalité invitée

M. Mahmoud CHAKROUN

DOCTEUR

Remerciements

D'abord, je souhaite remercier Nadège Troussier et Éric Blanco sans qui cette thèse n'aurait jamais pu aboutir et qui ont tous deux été des directeurs de thèse que je souhaite à tous doctorants puisqu'ils ont su me soutenir lorsque j'en avais besoin (attention, pied fragile !)

Je souhaite également remercier l'ensemble des membres de mon jury : Flore Vallet et Lionel Roucoules pour avoir rapporté ces travaux ainsi que Peggy Zwolinski, Nicolas Perry, Thierry Gidel et Eric Châtelet pour avoir accepté d'être les examinateurs de cette thèse. J'apprécie vos retours que j'estime justes et bienveillants. Vos appréciations de ce travail de thèse ne peuvent qu'être bénéfiques.

Je remercie ensuite l'ensemble de la « BU Project Management » du groupe Assystem (anciennement ECP) qui ont financé via un contrat CIFRE cette thèse qui était un pari lancé il y a maintenant un peu plus de 5 années, lors de la préparation du dossier pour l'ANRT. Merci tout particulièrement à Lionel Apostolo d'avoir cru à ce projet. Merci à tous les collaborateurs de chez Assystem (y compris les « anciens », comme Solène Vailhen) qui ont participé de près ou de loin à la réussite de cette thèse (Philippe, Mahmoud, Simon, Delphine...) et j'adresse un merci tout particulier à Véronique (« Véro ») pour le support « administratif », travail de l'ombre sans lequel je n'aurais pu soutenir cette thèse dans de bonnes conditions.

Je tenais également à adresser un grand merci à Marion Berlioz qui a monté le projet de thèse avec Nadège, Éric et moi-même et qui a lancé cette thèse afin qu'elle soit « sur de bons rails ». Merci Marion pour les discussions qui nous ont amené loin parfois et qui ont influencé mon travail, voire plus. Merci également à Patrice qui s'est porté volontaire pour être « cobaye » et qui a pu m'ouvrir les portes d'Airbus, avec qui les échanges ont fait grandir cette thèse.

Je tiens à remercier les membres de l'UR InSyTE (Interdisciplinary research on Society-Technology-Environment interactions), et plus particulièrement les (anciens) membres du « CREIDD » [mais pas que, puisqu'un intrus se cache dans la liste ci-dessous, à vous de le retrouver !] comme Tatiana mais aussi et plus particulièrement les doctorants devenus des amis (pour certains) avec qui les échanges furent constructifs : Anne-Laure (« Docteure Glutinou »), Adrien (« Grand Pingouin »), Ulysse l'intrépide, l'incroyable Lou ou encore notre « mini-Nadège », Claudine.

Je voulais adresser également un message pour les étudiants du Master IMEDD, promotion 2023, qui ont servis de cobaye pour tester l'atelier « Doughnut » qui a pu être amélioré au fil du temps.

Je souhaite encore une fois remercier des personnes de l'ombre, mais cette fois-ci de l'Université de Technologie de Troyes (UTT) : merci Pascale Denis et Isabelle Leclercq pour votre dévouement envers les doctorants et un merci tout particulier à Sophie Lévêque pour son rôle de secrétaire au sein de l'UR InSyTE sans qui les conditions de travail seraient plus difficiles.

Enfin, mes ultimes remerciements sont pour mon cadre de vie en dehors de la thèse (si, cela arrive parfois !) : mes amis et ma famille. Merci à mes meilleurs amis qui ont résisté à toutes les péripéties du temps depuis l'école maternelle : Romain et Kevin ; ainsi qu'aux amis rencontrés en cours de route comme Julien ou Mickael qui ont tous (presque toujours) été là pour m'épauler. Merci à l'ensemble de ma famille : mes parents Frédéric et Sylvie ainsi que mes petites sœurs Claire et Chantal (parfois adorées, Parrain, Marraine, Marie-Pierre, Clément et Océane, Coco et Nono, Lucie, Jean-Luc (...)) ; avec une mention toute particulière pour Mamie Gisèle et à mon regretté Papy Raymond qui m'ont toujours soutenu au mieux.

Je n'oublie pas ma créature vibrante : mon Miaouss (#teamchat).

Et pour finir en beauté, il faut que je mentionne ma Petite Pauline qui m'a soutenue corps et âme et sans qui je n'aurais pu finir ma thèse. Je ne disserte pas ici (...) : merci infiniment, merci Mme Pauline.

Table des Figures

Figure 1 : les visions individuelles et collectives des Parties Prenantes en permanente évolution dans un projet de conception	20
Figure 2 : L'importance des phases amont des projets (Project Management Institute 2013)	22
Figure 3 : Illustration de la ville A cherchant des solutions pour se désenclaver	26
Figure 4 : les principales étapes de l'Analyse de la Valeur	28
Figure 5 : la situation, portée par les Parties Prenantes, est intégrée à la définition de la Valeur	29
Figure 6 : La soutenabilité comme l'intersection des 3 piliers du Développement Durable (basé sur (Purvis et al. 2019))	30
Figure 7 : l'imbrication des 3 piliers du Développement Durable selon (Fischer et al. 2023a)	31
Figure 8 : les capitaux, vecteur de création et de destruction de valeur pour une entreprise sur un territoire donné, issu de (Allais 2015)	38
Figure 9 : les capitaux pour comprendre les Critères de Valeur des Parties Prenantes	40
Figure 10 : stratégie de choix d'indicateurs bottom-up et top-down.....	42
Figure 11 : L'Analyse du Cycle de Vie selon (ISO 2006).....	43
Figure 12 : prise en compte des enjeux de soutenabilité dans les approches proposées dans la littérature, en lien avec l'Analyse de la Valeur basée sur une approche fonctionnelle	44
Figure 13 : les démarches actuelles d'intégration des enjeux environnementaux par l'analyse fonctionnelle ne répondent que partiellement à la problématique d'intégration des enjeux de soutenabilité.....	45
Figure 14 : le Doughnut avec les limites planétaires (extérieur), dont certaines étant dépassées (en rouge) et les seuils sociaux (intérieur), issu de (Raworth 2012; Rockström et al. 2009; Steffen et al. 2015).....	47
Figure 15 : Proposition d'évaluer la valeur des solutions du projet en se basant sur le Doughnut, basée sur l'hypothèse que le Doughnut permet cadrer les Critères de Valeur socio-écologiques	50
Figure 16 : Exemple de SVN sous une forme graphique, issu de (Feng et al. 2012).....	54
Figure 17 : Matrice permettant de visualiser les différents « flux de valeur ». Les lignes représentent les résultats et les colonnes les apports aux parties prenantes. Les Parties Prenantes directes sont identifiées par les pointillés rouges. Illustration issue de (Hein et al. 2017).....	56
Figure 18 : une boucle de valeur simple d'après (Hein et al. 2017)	58
Figure 19 : Importance des Parties Prenantes suivant le nombre de boucles prises en compte, d'après les travaux de(Hein et al. 2017).....	59
Figure 20 : L'influence des Parties Prenantes avec notre méthodologie	62
Figure 21 : Proposition de cette thèse pour répondre à la problématique de caractérisation et de mesure des Critères de Valeur de Soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception.	64
Figure 22 : L'Analyse de la Valeur Soutenable comme méthodologie permettant d'intégrer les enjeux de soutenabilité.....	65
Figure 23 : Étape d'identification des Parties Prenantes.....	67
Figure 24 : Étape de compréhension des différents capitaux mobilisés par les Parties Prenantes	69
Figure 25 : Étape de caractérisation et de mesure des Critères de Valeur.....	76
Figure 26 : Mesure de l'influence des Parties Prenantes du projet telle que nous le proposons	78
Figure 27 : Étape de recherche de solutions	79
Figure 28 : Étape d'évaluation des différentes solutions.....	81
Figure 29 : Étape d'évaluation fonctionnelle des différentes solutions	82
Figure 30 : Étape d'évaluation financière des différentes solutions.....	82

Figure 31 : Évaluation de la valeur sociale des différentes solutions	84
Figure 32 : Étape de la valeur écologique des différentes solutions	86
Figure 33 : Étape de support d'aide à la décision	87
Figure 34 : Résultats d'une Analyse de la Valeur Soutenable pour l'exemple du vélo	88
Figure 35 : Échelle d'évaluation des apports théoriques de l'Analyse de la Valeur Soutenable	92
Figure 36 : Comparaison théorique des pratiques d'Analyse de la Valeur chez Assystem Project Management, un industriel partenaire ainsi que du potentiel théorique de l'Analyse de la Valeur Soutenable.....	95
Figure 37 : Réponse des 7 participants à la question « l'atelier permet-il de mettre en avant l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable ? ».	102
Figure 38 : Outils et supports développés (ou en cours de développement) concernant l'Analyse de la Valeur Soutenable	111
Figure 39 : Outil numérique en cours de développement pour aider les experts en Analyse de la Valeur de chez Assystem à appliquer l'Analyse de la Valeur Soutenable chez leurs clients	114
Figure 40 : En bleu, réponse des concepteurs expérimentés à la question « pensez-vous être capable d'appliquer la démarche d'AVS avec la guideline comme support ? ». L'échelle va de 1, « oui, je suis prêt » à 5, « non, absolument pas ». En orange, réponse des concepteurs expérimentés à la question « pensez-vous être capable d'appliquer la démarche d'AVS avec l'accompagnement d'un expert en Analyse de la Valeur ? ». L'échelle va de 1, « Oui, allons-y ! » à 5, « non merci ! ».....	133
Figure 41 : Réponse des participants à la question "pensez-vous être capable d'appliquer la démarche d'AVS avec la guideline comme support ? ». L'échelle va de 1, « oui, tout à fait » à 5, « non, pas du tout ! ».....	134

Table des Tableaux

Tableau 1 : REX d'Assystem Project Management sur 10 projets.....	33
Tableau 2 : Niveau d'urgence des besoins exprimés par les Parties Prenantes	55
Tableau 3 : Niveau de dépendance des besoins exprimés par les Parties Prenantes	55
Tableau 4 : Tableau d'agrégation d'après le SVN des niveaux d'urgence et de dépendance des besoins exprimés par les Parties Prenantes	55
Tableau 5 : Synthèse des capitaux mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes	71
Tableau 6 : Synthèse de la caractérisation des impacts des capitaux sur le projet mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes.....	72
Tableau 7 : Synthèse de la caractérisation des impacts des capitaux en dehors du projet mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes	73
Tableau 8 : les Critères de Valeur à caractériser et mesurer	75
Tableau 9 : caractérisation et mesure des Critères de Valeur pour l'exemple du vélo.....	77
Tableau 10 : Analyse Fonctionnelle	80
Tableau 11 : résultats bruts de l'évaluation de la valeur sociale du projet	84
Tableau 12 : résultats bruts de l'évaluation de la valeur écologique du projet.....	85

Résumé

Face aux évolutions de notre environnement et milieu de vie, les attentes des Parties Prenantes de projet de conception évoluent. Ces évolutions doivent être intégrées aux décisions des projets. Pour intégrer ces Parties Prenantes et leurs Critères de Valeur dans des projets, il faut comprendre comment elles perçoivent cette valeur, que ce soit de manière individuelle ou collective. Pour cela, il faut évaluer la Valeur de ce projet de conception sur toutes les dimensions : sociales, écologiques et financières. La littérature montre cependant un manque de cadrage de ces Critères de Valeur en vue d'y intégrer les enjeux de Soutenabilité. Cette recherche participe à comprendre quels sont les leviers qui peuvent amener à intégrer ces dimensions et comment caractériser ces dimensions dans un contexte de conception basé sur une démarche d'Analyse de la Valeur. Pour caractériser les Critères de Valeur puis les mesurer, on s'intéresse à la situation (élément clé puisque ce sont les Parties Prenantes, directement liées à un contexte donné, qui coconstruisent la ou les solutions dans la démarche). Pour cela, deux concepts sont mobilisés : les capitaux pour comprendre la situation et le Stakeholder Value Network (SVN) pour mesurer ces Critères de Valeur mais aussi comprendre l'influence des Parties Prenantes. Quand on a compris la situation, on passe à la phase de conception de solutions. Cette compréhension nous permet de proposer une méthode d'intégration de la valeur soutenable en conception. Néanmoins, cette méthode n'aborde pas l'émergence des solutions mais s'intéresse à leur évaluation en se basant sur un outil qui permet de représenter de manière holistique les enjeux de Soutenabilité : le Doughnut.

Cette thèse propose une méthodologie nommée Analyse de la Valeur Soutenable. Elle vise à intégrer les enjeux de soutenabilité par et pour les Parties Prenantes d'un projet de conception et s'adresse aux praticiens d'Analyse de la Valeur.

Les mises à l'épreuve de la méthodologie se sont déroulées dans des milieux professionnels ou dans le cadre académique. Elles ont permis de corroborer l'hypothèse que l'Analyse de la Valeur Soutenable permet d'un point de vue théorique d'intégrer les enjeux de soutenabilité dans une démarche de conception basée sur l'Analyse de la Valeur (le cadre conceptuel a de l'intérêt pour les praticiens). Les travaux de recherche ont permis de comprendre que le Doughnut peut être utilisé comme un support pour évaluer des Critères de Valeur (par et pour les Parties Prenantes du projet). Cela nous a également permis de mettre en évidence l'utilité du SVN pour d'un côté mesurer les Critères de Valeur mais également intégrer la dimension dynamique du système via l'influence des Parties Prenantes.

Cependant, la validation de la méthodologie n'est que partielle : l'articulation entre certaines parties de la méthodologie n'ont pu être testées que partiellement (articulation capitaux / Critères de Valeur par exemple). De futurs travaux sont nécessaires pour étudier l'appropriation de la méthodologie par les industriels. Le lien avec les méthodes de conception (Ingénierie Système, PLM, ...) ou encore le manque de cadrage quant à l'utilisation du Doughnut par les Parties Prenantes sont des éléments à tester. D'autres questionnements plus vagues restent posés : l'adaptation d'un Doughnut à l'échelle d'un projet est-il sensé ? Il semblerait pertinent d'adresser ces enjeux par des méthodes de recherches en lien direct avec les Parties Prenantes et les projets (recherche-action ?).

Mots clés :

Design durable ; Méthodologie ; Analyse de la Valeur ; Systèmes d'aide à la décision ; Ingénierie ; Parties Prenantes

Abstract

As our environment and living environment change, the expectations of stakeholders in design projects are evolving. These changes need to be integrated into project decisions. To integrate these stakeholders and their value criteria into projects, we need to understand how they perceive this value, both individually and collectively. To do this, we need to assess the value of the design project in all its dimensions: social, ecological, and financial. However, the literature shows that these value criteria are not sufficiently framed to incorporate sustainability issues. This research aims to understand which levers can lead to the integration of these dimensions and how to characterise these dimensions in a design context based on a value analysis approach. To characterise the value criteria and measure them, we are interested in the situation (a key element since it is the stakeholders, directly linked to a given context, who co-construct the solution(s) in the process). To do this, we use two concepts: capitals to understand the situation and the Stakeholder Value Network (SVN) to measure these value criteria and understand the influence of the Stakeholders. Once we understand the situation, we can move on to the solution design phase. This understanding enables us to propose a method for integrating sustainable value into design. However, this method does not address the emergence of solutions, but focuses on their evaluation, based on a tool that provides a holistic understanding of sustainability issues: the Doughnut.

This PhD thesis proposes a methodology called Sustainable Value Analysis. It aims to integrate sustainability issues by and for stakeholders in a design project and is aimed at value analysis practitioners.

The methodology has been tested in professional and academic environments. They corroborated the hypothesis that, from a theoretical point of view, Sustainable Value Analysis makes it possible to integrate sustainability issues into a design approach based on Value Analysis (the conceptual framework is of interest to practitioners). The research has shown that the Doughnut can be used to assess Value Criteria (by and for project stakeholders). It also highlighted the usefulness of the SVN for measuring Value Criteria on the one hand, but also for integrating the dynamic dimension of the system via the influence of the Stakeholders.

However, the validation of the methodology is only partial: the links between certain parts of the methodology could only be partially tested (links between capital and value criteria, for example). Future work is needed to study the appropriation of the methodology by industry. The link with design methods (systems engineering, PLM, etc.) and the absence of a framework for the use of the Doughnut by stakeholders are elements to be tested. Other more vague questions remain: is it wise to adapt a Doughnut to the scale of a project? It would seem appropriate to tackle these questions using research methods that are directly linked to the stakeholders and projects (action research for instance).

Keywords:

Sustainable design; Methodology; Value analysis; Decision support systems; Engineering; Stakeholders

Sommaire

Introduction générale	15
Problématique	15
Méthodologie de recherche	16
Plan du manuscrit	16
Chapitre 1. L'Analyse de la Valeur comme levier d'intégration des enjeux de soutenabilité en conception intégrée	19
1.1. La conception	19
1.1.1. L'intégration et la collaboration	20
1.1.2. Le pilotage des activités de conception	21
1.1.3. La décision en conception collaborative	22
1.1.4. Les indicateurs de décision	23
1.2. L'Analyse de la Valeur comme levier d'intégration des Parties Prenantes	23
1.2.1. La valeur depuis 1947	23
1.2.2. L'Analyse de la Valeur et les indicateurs de valeur	24
1.2.3. L'Analyse de la Valeur : cas illustratif	25
1.3. L'Analyse de la Valeur comme levier de définition et de caractérisation de Critères de Valeur situés	28
1.4. L'Analyse de la Valeur, insuffisante pour intégrer les enjeux de soutenabilité	30
1.4.1. Le concept de soutenabilité	30
1.4.2. La place de la soutenabilité dans les projets actuels : étude de cas chez Assystem Project Management	32
1.4.3. Conclusion du chapitre 1	36
Chapitre 2. Les Critères de Valeur proposés en sciences de la soutenabilité pour intégrer les enjeux de soutenabilité en conception de produits	37
2.1. Les capitaux comme levier d'identification des Critères de Valeur par échanges entre les Parties Prenantes	37
2.2. Indicateurs d'impacts environnementaux en écoconception	40
2.2.1. L'Analyse du Cycle de Vie (ACV)	42
2.2.2. L'Analyse du Cycle de Vie utilisée en Analyse de la Valeur	44
2.3. Le plancher et le plafond de l'espace juste et sûr comme indicateurs de soutenabilité	46
2.4. Conclusion du chapitre 2	49
Chapitre 3. Des Critères de Valeur soutenables de chaque Partie Prenante à la valeur soutenable du projet	51
3.1. Analyse des méthodologies existantes pour mesurer la valeur d'un projet, basées sur les Parties Prenantes	51
3.1.1. Le Value Stream Mapping	51
3.1.2. Le Value-Based System Engineering	52
3.1.3. Value-Based Software Engineering	52
3.1.4. Le Stakeholder Value Network	53
3.1.5. Conclusion quant aux méthodologies existantes pour mesurer la valeur d'un projet, basées sur les Parties Prenantes	60

3.2. Proposition : adaptation du Stakeholder Value Network comme outil de caractérisation et de mesure de Critères de Valeur	60
3.2.1. Adaptation du Stakeholder Value Network à une entrée par les capitaux et calcul des Critères de Valeur	60
3.2.2. Calcul d'influence des Parties Prenantes pour intégrer les évolutions de Valeur	61
3.2.3. Conclusion quant au Stakeholder Value Network : vers une approche d'intégration des Parties Prenantes	62
3.3. Conclusion du chapitre 3 : différents concepts à mobiliser pour intégrer les enjeux de soutenabilité dans les projets de conception menés par Analyse de la Valeur	63
<i>Chapitre 4. L'Analyse de la Valeur Soutenable pour définir les indicateurs de soutenabilité mesurables à l'échelle des Parties Prenantes et du projet</i>	65
4.1. Le guide méthodologique comme support dédié aux praticiens	66
4.2. Identification des Parties Prenantes selon l'objectif du projet	66
4.3. Compréhension de la situation dans laquelle se déroule le projet : détermination et caractérisation des capitaux mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes du projet	68
4.3.1. Détermination et caractérisation des capitaux mis en œuvre durant le projet	69
4.3.2. Détermination et caractérisation des impacts potentiels de la mise en œuvre des capitaux sur le projet	71
4.3.3. Détermination et caractérisation des impacts potentiels de la mise en œuvre de ces capitaux en dehors du projet	72
4.3.4. Mise en commun et identification de nouvelles Parties Prenantes	74
4.4. Compréhension de la situation dans laquelle se déroule le projet : caractérisation et mesure des Critères de Valeur multi-échelles dynamique	75
4.4.1. Caractérisation et mesure des Critères de Valeur	76
4.4.2. Établissement de l'influence des Parties prenantes par calcul	77
4.5. Identification et caractérisation des Critères de Valeur fonctionnels et des solutions	78
4.5.1. Caractérisation des fonctions du système par Analyse Fonctionnelle	79
4.5.2. Détermination des solutions techniques	80
4.6. Détermination de la Valeur du projet, selon les Parties Prenantes, dans une situation donnée	81
4.6.1. Évaluation de la Fonction Technique	82
4.6.2. Évaluation du Coût Financier	82
4.6.3. Évaluation de la Fonction Sociale	83
4.6.4. Évaluation du Coût Écologique	84
4.7. Construction d'un support d'aide à la décision : présentation des résultats d'Analyse de la Valeur Soutenable	86
4.7.1. Rapport pour étayer la prise de décision	87
4.7.2. Graphique synthétique	87
4.8. Conclusion quant à la proposition d'un guide méthodologique pour opérationnaliser l'Analyse de la Valeur Soutenable	88
<i>Chapitre 5. Mises à l'épreuve de l'utilisabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable par sa mise en œuvre : vers l'intégration des enjeux de soutenabilité par les praticiens</i>	89
5.1. Méthodologie de mise à l'épreuve	89
5.1.1. Une démarche de légitimation auprès d'experts et de professionnels	89
5.1.2. Différentes situations de mise à l'épreuve	90

5.1.3.	Une appropriation de la méthodologie par l'industriel porteur de la thèse	90
5.1.4.	Conclusion quant à la mise à l'épreuve de la thèse	91
5.2.	Résultats et discussions sur les apports potentiels de l'Analyse de la Valeur Soutenable	91
5.2.1.	Méthodologie de comparaison des différentes pratiques d'Analyse de la Valeur	91
5.2.2.	Points de comparaison	92
5.2.3.	Méthodologie d'évaluation des différentes phases d'Analyse de la Valeur	92
5.2.4.	Analyse des apports potentiels du cadre conceptuel d'Analyse de la Valeur Soutenable	93
5.3.	Un atelier « Doughnut » pour mesurer la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet	97
5.3.1.	Déroulement des ateliers	97
5.3.2.	Groupes de testeurs	97
5.3.3.	Analyse de la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet	98
5.3.4.	Discussions quant à la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet	99
5.3.5.	Conclusions et perspectives quant à la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet	99
5.4.	Un atelier « Concepteurs » pour mesurer l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable	100
5.4.1.	Déroulement de l'atelier	100
5.4.2.	Groupes de testeurs	101
5.4.3.	Analyse de l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable	101
5.4.4.	Discussions quant à la mesure de l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable	103
5.4.5.	Conclusion quant à la mesure de l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable	103
5.5.	Discussions générales quant à la mise à l'épreuve de la démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable	103
5.5.1.	Résultats de la mise à l'épreuve de la démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable	103
5.5.2.	Les limites des travaux de thèse	104
5.6.	Conclusions quant à la mise à l'épreuve de l'Analyse de la Valeur Soutenable	106
Chapitre 6.	Conclusions et perspectives	109
6.1.	Les contributions de cette thèse	109
6.1.1.	Les contributions scientifiques	109
6.1.2.	Les contributions technologiques	110
6.2.	Les limites des travaux effectués	111
6.3.	Les perspectives de ces travaux	112
6.3.1.	Les perspectives scientifiques	112
6.3.2.	Les perspectives technologiques	113
6.4.	En résumé	114
Références		117
Annexes		125
Annexe 1 : Dossier support « atelier-formation Analyse de la Valeur et Soutenabilité »		126
Support « Donut »		126
Données « vélo »		129
Annexe 2 : Quelques données complémentaires		133

Figure complémentaire 1
Figure complémentaire 2

133
134

Introduction générale

Les enjeux de Soutenabilité (dimensions sociales, environnementales et financières) sont aujourd'hui de plus en plus importants pour de nombreuses personnes et organisations (démarches RSE, marches pour le climat...). La Soutenabilité est définie comme étant la capacité à « répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs » d'après (Brundtland 1987). Les entreprises s'impliquent dans des démarches de type « Responsabilité Sociétale de l'Entreprise » pour permettre l'intégration de ces enjeux. Or, les entreprises fonctionnent en « logique projets » : cela permet une certaine autonomie de prise de décision pour un projet comme le décrit (Midler 1993), mais a « l'inconvénient » de devoir intégrer les interactions entre différentes Parties Prenantes du projet pour qu'elles puissent converger, c'est-à-dire trouver un accord (prise de décision). La conception de produits/systèmes, domaine qui nous intéresse dans cette thèse, ne déroge pas à ce phénomène. En effet, les projets de conception d'infrastructures, par exemple, doivent intégrer toujours plus de Parties Prenantes toujours plus diverses ce qui entraîne de la complexité d'après (Hass and Lindbergh 2010). Pour traiter cette complexité, les assistants à maîtrise d'ouvrage peuvent s'appuyer, pour leurs clients, sur l'Analyse de la Valeur (FD X50-153:2009-09 2009; NF EN 1325:2014-04 2014; NF X50-152:2007-09 2007). Cette méthodologie offre un cadre pour déterminer et caractériser les besoins auxquels le système doit répondre (fonctions) tout en minimisant les coûts, avec un groupe de Parties Prenantes impliquées dans le projet. Cette thèse se déroule au sein d'Assystem (Business Unit « Project Management », ex-« ECP »), qui est un des leaders mondiaux dans les domaines du nucléaire mais qui opère également dans le domaine du transport. Ce manuscrit, issu d'un travail de thèse CIFRE, a pour enjeux d'intégrer et de cadrer les dimensions sociales et environnementales dans les projets menés, les dimensions financières et techniques étant considérées comme déjà intégrées et gérées. Le défi technique majeur de cette thèse est de reconcevoir la méthodologie existante de l'Analyse de la Valeur pour cette intégration des dimensions sociales et environnementales.

Problématique

Pour intégrer les enjeux de Soutenabilité dans un projet, la collaboration de l'ensemble des Parties Prenantes semble indispensable. En effet, la Valeur perçue par les Parties Prenantes dépend de la situation (par exemple, une relation ferroviaire entre deux villes peut permettre de désenclaver une petite ville de province et a donc une grande valeur pour cette ville tandis qu'au niveau régional, cette liaison sera perçue comme anecdotique voire déficitaire d'un point de vue financier). Ce caractère situé de la valeur se traduit dans les perceptions des Parties Prenantes. La Valeur est donc définie, dans notre contexte, comme la réponse du projet aux différents Critères de Valeur des Parties Prenantes. Pour intégrer ces enjeux de soutenabilité dans une démarche de conception collaborative, il faut que chacune des Parties Prenantes comprenne la situation dans laquelle elle est et puisse échanger à ce sujet. Or, aujourd'hui, il n'existe pas de cadre pour définir des Critères de Valeur « pour la Soutenabilité ». Les méthodologies qui traitent de l'intégration des enjeux de soutenabilité en Analyse de la Valeur sont axées sur une dimension fonctionnelle de la réponse à un besoin : elles se basent sur une dimension technique portée par l'Analyse Fonctionnelle, au travers de « fonctions écologiques ». Par ailleurs, les nombreux travaux et démarches de conception pour la soutenabilité (« Design for Sustainability » (DfS)) qui sont de plus en plus étudiés et outillés (utilisation massive de l'Analyse du Cycle de Vie) requièrent l'utilisation de nombreuses données (bases de données importantes) et une expertise tant pour mener que pour analyser l'étude. Ces démarches ne permettent ni l'intégration des Parties Prenantes ni de traiter de l'ensemble des dimensions de la Soutenabilité (social, écologique, économique).

La problématique que nous proposons d'aborder dans cette thèse est alors : **comment caractériser et mesurer des Critères de Valeur de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à**

l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception ?

Pour répondre à cette problématique, une méthodologie de recherche a été construite : elle est présentée dans la section suivante.

Méthodologie de recherche

La démarche suivie durant cette thèse consiste à articuler différents concepts ou méthodologies (un à deux concepts/méthodologies sont présentés dans chacun des trois premiers chapitres) qui répondent chacun à un aspect de la problématique de caractérisation et de mesure des Critères de Valeur de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception. Chacun d'eux possédant des manques et/ou des faiblesses, l'enjeu a été d'assurer la complémentarité de chacun de ces concepts ou de ces méthodologies afin de répondre à la problématique. La proposition de cette thèse est alors une méthodologie applicable par des praticiens d'Analyse de la Valeur : l'Analyse de la Valeur Soutenable.

Positionnement de la thèse et de ces apports

De par son intégration dans les enjeux industriels, cette thèse se positionne dans le champ de l'Analyse de la Valeur et de la gestion par la valeur. En effet, cette approche nous positionne à mi-chemin des approches techniques dans le sens où l'on s'intéresse à la conception de projets techniques faisant appel à des fonctionnalités, des systèmes et des sous-systèmes, etc. ; ainsi qu'au domaine de la gestion : gestion des ressources (humaines, financières...) en particulier.

Cette thèse s'inscrit également dans le champ de la conception pour la Soutenabilité (ou « Design for Sustainability » en anglais). En effet, l'objectif de cette thèse est d'intégrer les enjeux de Soutenabilité dans les projets conçus dans le cadre d'Analyses de la Valeur. Si nos travaux n'évoque que succinctement ce positionnement par rapport aux autres méthodes de Design for Sustainability, c'est pour montrer l'impact qu'a pu avoir le positionnement industriel de la thèse. Effectivement, l'enjeu industriel était de parvenir concevoir une méthodologie dans un temps limité. Cependant, l'originalité de cette thèse n'est pas de rester dans le paradigme actuel (d'écoconception) mais de se positionner dans des méthodes qui intègrent d'autres dimensions en s'intéressant plus globalement au contexte dans lequel est conçu le produit ou le système. Ainsi, l'enjeu est de concevoir une méthode adaptée au positionnement souhaité par l'industriel et qui s'adapte aux approches, qu'elles soient de « soutenabilité faible » ou de « soutenabilité forte ».

De par le lien entre Analyse de la Valeur et l'Ingénierie Système, nous considérons que cette thèse est le potentiel point de départ vers des travaux directs et qui s'adresseraient aux enjeux de soutenabilité en Ingénierie Système. En effet, nous ne nous positionnons pas comme ayant des apports dans ce domaine mais plutôt comme relevant plus de possibles perspectives.

Plan du manuscrit

Le chapitre 1 a pour objectif de montrer que l'Analyse de la Valeur est un levier d'intégration des enjeux de soutenabilité en conception intégrée. Ce chapitre permet ainsi de définir la conception intégrée et de montrer dans quelle mesure l'Analyse de la Valeur permet d'intégrer ces enjeux de soutenabilité. Ce chapitre 1 est un état de l'art scientifique mais également industriel sur les pratiques d'Analyse de la Valeur et permet de poser le cadre de travail utilisé.

Le chapitre 2 permet d'identifier et de caractériser les indicateurs (de soutenabilité) utilisés dans la littérature scientifique dédiée à la soutenabilité et de montrer en quoi ils peuvent être manipulés au sein d'une Analyse de la Valeur.

Le chapitre 3 a pour objectif d'identifier et de caractériser comment mesurer la valeur tant individuellement qu'au sein d'un collectif qui travaille en collaboration. Ce chapitre permet de présenter la proposition de cette thèse, à savoir la mobilisation de plusieurs concepts et outils (définis dans les chapitres précédents), afin de proposer une démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable, liant la valeur perçue par chacune des Parties Prenantes à la valeur perçue d'un projet collectif.

Le chapitre 4 permet de présenter le déploiement de la proposition de cette thèse, c'est-à-dire l'Analyse de la Valeur Soutenable, qui est outillée par un guide méthodologique (ou « guideline ») afin de répondre aux enjeux des praticiens d'Analyse de la Valeur. Cette méthode est illustrée par un exemple co-contruit avec un industriel partenaire.

Le chapitre 5 a pour objectif de présenter la démarche de mise à l'épreuve de la méthodologie effectuée avec et pour des praticiens. En effet, la proposition de cette thèse trouve son sens si la méthodologie proposée est appliquée par des praticiens. Ce chapitre est l'occasion de présenter trois mises à l'épreuve complémentaires, les résultats associés et d'en discuter.

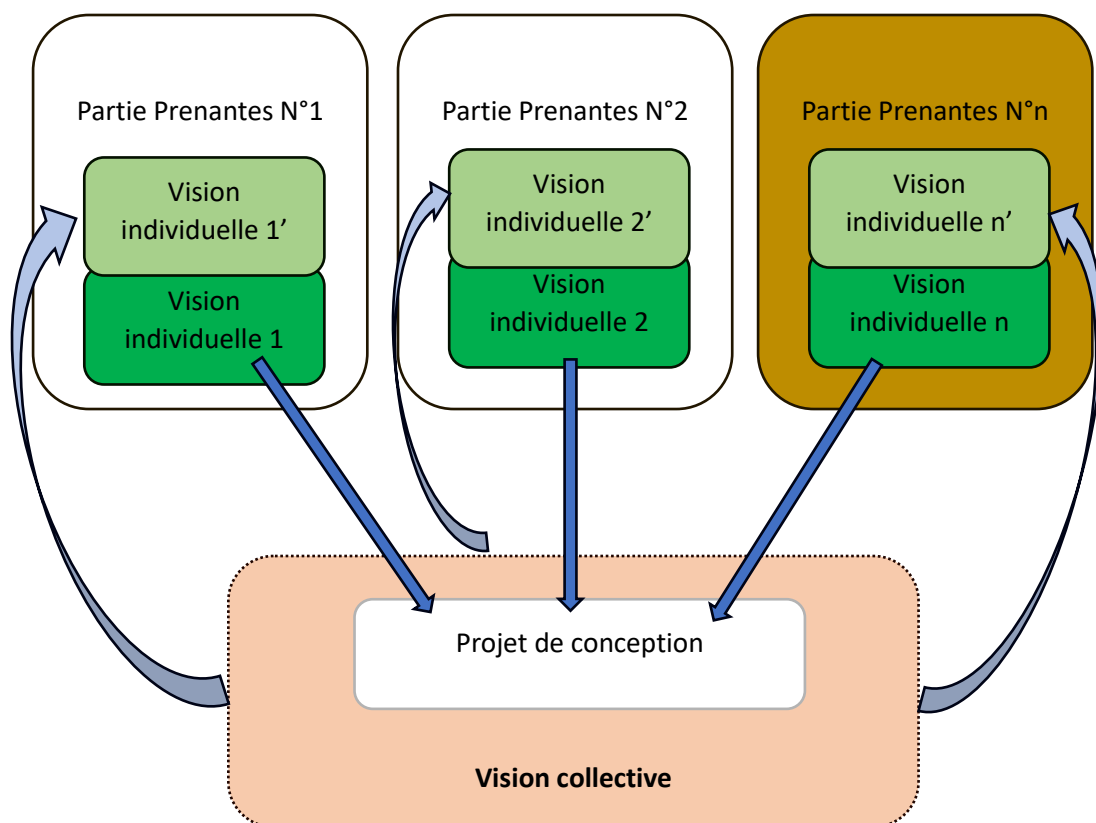
Le chapitre 6 permet de conclure cette thèse en donnant les principales contributions, qu'elles soient scientifiques ou technologiques ; et permet également de donner des perspectives tant scientifiques que technologiques à ces travaux de thèse.

Chapitre 1. L'Analyse de la Valeur comme levier d'intégration des enjeux de soutenabilité en conception intégrée

1.1. La conception : cadre général

Herbert Simon dans (Simon 1969) décrit la conception comme étant l'activité intellectuelle de concevoir des plans d'action qui permettent de changer une situation existante en une situation préférée. Nous nous intéressons à des projets, c'est-à-dire à des « organisations temporaires fondées pour créer un produit, un service ou un résultat unique » (Project Management Institute 2013). Ces projets intègrent de nombreuses Parties Prenantes, c'est-à-dire différentes personnes ou groupes de personnes qui ont un intérêt dans le projet (INCOSE, Systems Engineering Ressource Center, and IEEE Computer Society 2016; NF EN 1325:2014-04 2014). Ces Parties prenantes ont un représentant que ce soit pour une organisation (ONG comme le WWF), une entreprise (SNCF, EDF, ...) ou encore pour le représentant des habitants d'une commune (le maire). Ces Parties Prenantes ont des avis différents voire contradictoires qui doivent converger pour pouvoir avoir une vision partagée et ainsi permettre de changer la situation existante en une situation préférée par l'ensemble des Parties Prenantes. Dans le cadre d'un projet de transport public par exemple, il y a une dimension individuelle où une Partie Prenante peut préférer la voiture au train pour des raisons de facilité dans les horaires par exemple ; mais aussi une dimension collective où il faut assurer le transport de nombreuses personnes à un instant t et où le train semble plus pertinent. Pour atteindre ces objectifs communs, il faut parvenir à ce que les Parties Prenantes définissent des indicateurs communs. Les indicateurs servent alors d'instrument de contrôle : le groupe de Parties Prenantes doit définir les indicateurs de performance clé (« Key Performance Indicators » (KPI) en anglais) afin d'avoir un référentiel commun d'après (Beisheim and Stotz 2013). Par exemple, le « balanced scorecard » donne, d'après (Beisheim and Stotz 2013), un outil de reporting sur « l'ensemble des activités et des projets, des finances, du nombre d'employés, du niveau de satisfaction des clients, etc. ». Ainsi, chaque projet de conception possède ses propres « Key Performance Indicators » comme en font état (Tangen, 2003; Jiang and Yin, 2019). Cette vision collective doit cependant être en accord avec les besoins des Parties Prenantes pour (Hogg and Tindale 2008) et il semble que pour cela, la construction par l'ensemble des Parties Prenantes (c'est-à-dire la co-construction) des indicateurs soit un moyen approprié d'après (Messmann et al. 2020). Cette évolution au cours du temps est représentée dans la Figure 1 : les indicateurs de conception sont débattus collectivement durant le projet de conception et les indicateurs finalement utilisés viennent faire évoluer la vision individuelle de chacune des Parties Prenantes. Ce processus est itératif.

Les deux dimensions, individuelles et collectives, sont amenées à devoir coexister dans les projets de conception. Il faut ainsi allier différents niveaux de connaissances, d'objectifs et de contraintes pour prendre des décisions en prenant en compte l'ensemble du cycle de vie du projet. Il faut pour cela permettre l'intégration des différentes Parties Prenantes et qu'elles collaborent.



Légende :



Les indicateurs individuels soumis au groupe de Parties Prenantes

Les indicateurs collectifs qui font évoluer la vision individuelle de chacune des Parties Prenantes

Figure 1 : les visions individuelles et collectives des Parties Prenantes en permanente évolution dans un projet de conception

1.1.1. L'intégration et la collaboration

Pour assurer la réalisation d'un projet, différentes Parties Prenantes sont amenées à participer (Project Management Institute 2013). Cela permet d'assurer une vision globale de ce projet. Cependant, elles n'ont pas toutes les mêmes référentiels : certaines sont expertes dans un ou plusieurs domaines (en conception, en gestion de projet...); autrement dit, elles ont une expertise directe sur le projet ou sur le produit conçu durant le projet. D'autres Parties Prenantes sont des personnes impliquées dans le projet (citoyen, membre d'une ONG, etc.) et ont d'autres expertises (comme par exemple OXFAM qui est une ONG et qui permet d'apporter des expertises juridiques). Dans ces Parties Prenantes, on peut donc différencier des concepteurs avertis dont c'est le métier (par exemple un ingénieur conception, des assistants à maîtrise d'ouvrage ...) à des concepteurs occasionnels, qui sont impliqués dans la conception de manière ponctuelle et non professionnelle, par exemple, le maire d'une commune. Ce distinguo permet d'appréhender la difficulté pour l'ensemble des Parties Prenantes à se comprendre et à interagir entre-elles. En effet, dans le cadre d'un projet, il va falloir qu'elles parviennent à converger quant à une solution (un produit) commun à concevoir et à réaliser (Project Management Institute 2013).

Pour cela, le fonctionnement par projet (mise en commun d'un objectif à atteindre) en un temps donné pour un groupe de personnes d'après (Garel, Giard, and Midler 2001; Gastaldi and Midler 2005) permet d'avoir une collaboration entre les différentes Parties Prenantes. Des

interactions entre les différentes Parties Prenantes sont indispensables pour que chacune puisse s'exprimer et par la suite, converger. Le dialogue entre ces différentes Parties prenantes permet d'avoir une approche collaborative, c'est-à-dire d'avoir une certaine structuration de l'information entre toutes les Parties Prenantes qui est nécessaire à la conception durant un projet, d'après (Belkadi, Bonjour, and Dulmet 2004). Ainsi, les Parties Prenantes échangent leur point de vue en termes de connaissances, d'objectifs et de contraintes dans la conception du projet pour lequel on cherche à avoir une vision globale de l'ensemble de son cycle de vie : il s'agit de conception intégrée (Lévy and Guénand 2003; Zwolinski 2013). Néanmoins, les activités de conception doivent être pilotées afin de parvenir à la réalisation du projet. C'est ce que nous allons voir dans la section suivante.

1.1.2. Le pilotage des activités de conception

Les activités de conception sont le plus souvent menées simultanément (on parle d'ingénierie simultanée, « concurrent engineering » en anglais) d'après (Belkadi et al. 2004)). Pour coordonner ces activités, il faut que chacune des Parties Prenantes aient une vision globale du projet dès ces débuts afin d'accroître la performance du projet à court terme ou à long terme. Il s'agit, d'après (Belkadi et al. 2004), d'un dispositif de pilotage des activités de conception. Pour cela, il existe de nombreux outils et méthodes comme le décrivent (Kostalova and Tetrevova 2014; Wojciech Macek 2011). Ces auteurs montrent qu'il existe, pour assurer le pilotage d'un projet, 3 piliers qui doivent être gérés : « le coût, le délai et le cadre ». (Kostalova and Tetrevova 2014) affirment qu'il n'est pas possible de dresser une liste exhaustive des outils dédiés à la gestion de ces 3 piliers du pilotage d'un projet ; on peut néanmoins citer les plus utilisés comme « l'Earned Value Management » (gestion de la valeur acquise en français, c'est à dire la valeur du travail effectué par rapport aux dépenses engagées sur le projet), le « Net Present Value » (valeur actualisée nette en français, c'est à dire ramener à un instant t la valeur financière d'un projet) ou encore la « Critical Chain Method » (méthode du chemin critique en français, c'est à dire trouver le chemin le plus court et le plus optimisé pour mener à bien le projet). Ces méthodes permettent à l'ensemble des porteurs de projet (financeurs, chef de projet, ...) de caractériser des objectifs à atteindre.

Pour atteindre des objectifs, il faut connaître l'avancement du projet et le niveau d'atteinte de ceux-ci dans chacune des phases du cycle de vie du projet. (Ben Hamida 2017) montre que suivant le domaine voire l'entreprise, le découpage en différentes phases ne se fait pas de manière identique. La phase amont semble néanmoins être la phase la plus intéressante lors de la conception pour intégrer les Parties Prenantes du projet (Ben Hamida 2017). En effet, comme le souligne également (Kolltveit and Grønhaug 2004), il est reconnu que la qualité de l'exécution des premières phases d'un projet est déterminante pour ses performances en termes de coût, qualité et assurer la définition d'un cadre au projet. L'intérêt de ces phases amont (ou conceptuelles) vient du fait qu'elles ont un fort impact sur l'ensemble du cycle de vie du système tout en ayant un engagement limité de ressources. En effet, la Figure 2 montre que les risques et les incertitudes sont plus grands mais que les coûts engagés restent moindres en début de projet. Plus le temps passe et plus le projet gagne en certitude mais doit engager des ressources. Or, selon (Hull, Jackson, and Dick 2010), plus de 20% de l'échec des projets de conception, sont liés directement à la définition des besoins qui est effectuée durant ces phases : le besoin est mal exprimé, le besoin est faiblement lié aux utilisateurs ou il évolue trop rapidement, les demandes sont inutiles ou encore irréalistes.

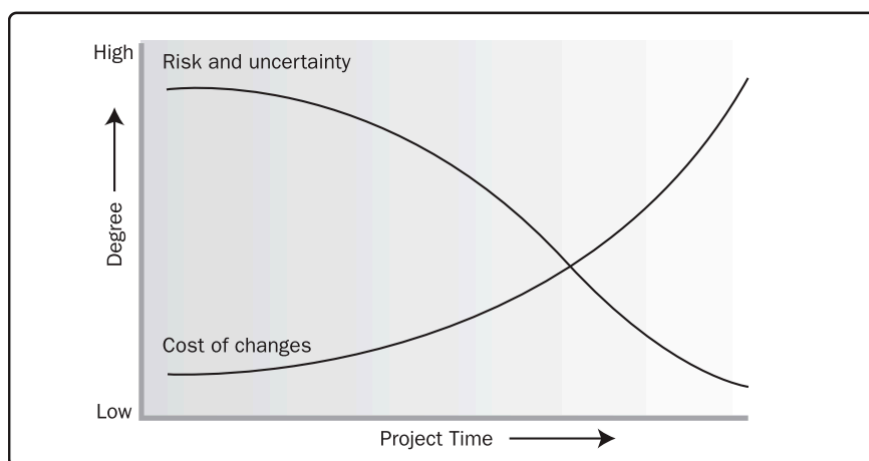


Figure 2 : L'importance des phases amont des projets (Project Management Institute 2013)

Pour répondre aux différents besoins des différentes Parties Prenantes, il faut parvenir comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent à les faire converger sur une solution le plus tôt possible. Il faut pour cela faire des choix qui seront acceptés individuellement et collectivement : la prise de décision est un enjeu majeur pour le projet.

1.1.3. La décision en conception collaborative

Pour réaliser un projet, différentes Parties Prenantes sont amenées à prendre des décisions à différentes échelles. Pour cela, existe différentes méthodes d'aide à la décision en conception qui visent à modéliser le processus de décision malgré des incertitudes (Collignan 2011). Il existe, selon (Malak, Aughenbaugh, and Paredis 2009), deux sortes d'incertitudes : la variabilité (qui est définie comme le « caractère naturellement aléatoire de certaines caractéristiques du produit », c'est-à-dire d'incertitudes objectives généralement physiques (comme par exemple des approximations dans le comportement des différents paramètres des matériaux) et l'imprécision (qui est définie comme le « caractère approximatif de certaines descriptions du produit (incertitudes causées par le manque de connaissance ou encore des imprécisions lors de la caractérisation d'un besoin par exemple). En effet, d'après (Simon 1960), une décision ne peut être strictement parfaite et absolue puisqu'elle ne repose que sur des informations partielles ou imprécises. Ainsi, les méthodes d'aide à la décision s'appuient sur des préférences (Collignan 2011). Par exemple, la théorie de l'utilité est un cadre classique d'aide à la décision qui permet d'associer une valeur d'utilité à chacune des alternatives d'un problème. Cependant, la plupart du temps, une solution ne répond pas seulement à un problème : elle transforme une situation donnée. Un des exemples de la littérature est celui décrit par (Clerc 2010; Illich 1973) : la voiture est créée pour aller plus vite (plus loin en moins de temps). Cependant, tout le monde veut aller plus vite et prend sa voiture : cela crée des bouchons, et dans ce cas tous en ressortent perdants ! (Le concepteur a répondu au besoin : la voiture permettait bel et bien d'aller plus vite. La situation transformée a eu un effet contre-productif). En conception, il est important d'avoir une vision complète de la situation (la seule réponse à un besoin initial n'est pas suffisante). Ainsi, de multiples critères décrivant la situation doivent être utilisés (pour ne pas créer d'autres problèmes potentiellement non gérés ou gérables, appelés effets rebond). Le recours à des méthodes multicritères semble indispensable. Afin de rendre compte des différents critères auprès des Parties Prenantes, on utilise alors des indicateurs (pour mesurer l'atteinte des objectifs). Ces indicateurs assurent la compréhension de la situation aux Parties Prenantes. Or, des interactions entre les différentes Parties Prenantes sont indispensables pour que chacune d'elles puisse s'exprimer et converger sur une vision commune du projet. Le

dialogue entre ces différentes Parties Prenantes permet d'avoir une approche collaborative. Or, cette approche est basée sur des connaissances et des objectifs communs des différentes Parties Prenantes. Pour assurer l'alignement entre les Parties Prenantes du projet et ainsi prendre des décisions, nous faisons le choix de nous baser sur une approche par les indicateurs qui serviront de support pour assurer le lien entre l'ensemble des Parties Prenantes comme décrit dans la Figure 1.

1.1.4. Les indicateurs de décision

Un des enjeux du pilotage et de la prise de décision collaborative est de pouvoir intégrer l'ensemble des Parties Prenantes. Pour cela, il faut dans un premier temps que celles-ci puissent comprendre les objectifs à atteindre. Dans un second temps, il faut déterminer des indicateurs qui puissent être mobilisables par l'ensemble des Parties Prenantes pour rendre compte de l'atteinte (ou non) des différents objectifs : la co-construction de ces indicateurs semble alors être un levier pour y parvenir. Il faut également qu'il y ait consensus entre les Parties Prenantes sur la pertinence de ces indicateurs pour évaluer les objectifs. Comme cela a été mentionné ci-dessus, il existe diverses méthodologies pour prendre des décisions en conception. Les méthodes multicritères permettent d'adresser plusieurs dimensions à un problème. Elles reposent sur divers indicateurs qui doivent, dans le cadre d'une conception collaborative, être comprises par l'ensemble des Parties Prenantes. Cependant, les indicateurs, dépendent de chaque projet, comme en font état les références suivantes (Jiang and Yin 2019; Tangen 2003). Le contexte est donc important : on ne mesure pas de la même manière les performances d'un projet technique comme la conception d'une centrale nucléaire (il faut assurer la sûreté et la sécurité, la production électrique tout en ayant des coûts moindres...) et les performances d'un projet organisationnel comme le projet régional de santé (il faut assurer les soins dans un délai acceptable partout sur le territoire, tout en ayant des coûts moindres...). L'objectif est que les indicateurs utilisés permettent de piloter le projet (aide à la prise de décision) dans les phases de conception, en y intégrant les Parties Prenantes et leurs différentes visions. Dans le cadre de cette thèse CIFRE, nous allons nous intéresser à un cadre conceptuel particulier (celui utilisé par Assystem), l'Analyse de la Valeur qui propose des indicateurs basés sur la valeur perçue par les Parties Prenantes. Les Critères de Valeur sont définis dans le paragraphe 1.2.

1.2. L'Analyse de la Valeur comme levier d'intégration des Parties Prenantes

1.2.1. La valeur depuis 1947

L'Analyse de la Valeur est une méthodologie conçue à l'origine par Miles en 1947 ayant pour ambition de rendre les produits plus compétitifs par diminution de l'utilisation des ressources (Fernandes 2015). Pour cela, le ratio « fonctions / ressources » définit la Valeur d'un produit (Fernandes 2015). L'analyse fonctionnelle, qui est bien documentée dans la littérature d'après (Fernandes 2015), permet de traduire les besoins exprimés en fonctions que doivent remplir le produit conçu ; les fonctions décrivent donc ce à quoi il sert. L'analyse fonctionnelle s'appuie pour cela sur une définition des fonctions décrites dans le cadre d'Analyses de la Valeur comme étant une transformation énergétique au sein du système en lien avec son environnement. Dans le cadre de l'Analyse de la Valeur, les ressources se rapportent le plus souvent aux coûts financiers de la réalisation des différentes fonctions attendues du produit (ou de manière simplifiée, du produit).

La définition de Valeur dans le cadre d'une Analyse de la Valeur est à mettre au regard des définitions qu'on retrouve dans la littérature : comme le montrent (Ben Ahmed and Yannou 2003), le concept de valeur est polysémique. En effet, le concept de valeur s'étend dans des champs de recherche comme l'économie et la finance, mais aussi la conception ou la gestion. En économie, la valeur d'échange est celle qui permet de caractériser la valeur par rapport au

travail fourni pour le produire (Ben Ahmed and Yannou 2003). Par ailleurs, la valeur d'utilité se rapporte à l'usage fait d'un produit. Ainsi, si un produit répond à un besoin, sa valeur en sera d'autant plus grande. Sur la base de ces deux définitions, la valeur, telle qu'elle est déterminée en Analyse de la Valeur, est le ratio d'une valeur d'utilité (répondre à un besoin) par rapport à une valeur d'échange (coût de réalisation de la fonction). L'Analyse de la Valeur est une méthodologie de construction, d'analyse et de suivi des indicateurs de valeur dans un projet, que nous allons définir plus précisément dans la section suivante.

1.2.2. L'Analyse de la Valeur et les indicateurs de valeur

La méthodologie d'Analyse de la Valeur a connu des évolutions de pratiques et scientifiques (Fernandes 2015). L'Analyse de la Valeur peut être vue comme un outil de gestion de projets (Management de la Valeur ou « Value Management » en anglais) : dans ce cas, la valeur sert d'indicateur quant à l'avancement du projet. L'ingénierie de la valeur est un support pour concevoir de nouveaux produits (ou « Value Engineering » en anglais) (Fernandes 2015). L'Analyse de la Valeur est, quant à elle, une méthodologie de re-conception (Mandelbaum and Reed 2006). Les définitions relatives aux termes et à la méthodologie d'analyse de la valeur ont beaucoup évolué. Bien souvent, dans la littérature, analyse de la valeur, gestion par la valeur ou bien encore ingénierie par la valeur sont utilisées de manière similaire (Mandelbaum and Reed 2006). C'est peut-être ce manque d'uniformité qui a permis une évolution et l'ouverture de la méthodologie afin de faire évoluer les démarches menées et donc la définition de la valeur. En effet, la définition de la valeur est de plus en plus large : nous sommes passés d'un ratio « fonctions / coûts » à l'origine (Fernandes 2015) à un ratio « satisfaction des besoins / ressources » (NF EN 1325:2014-04 2014), où les besoins sont liés à « des fonctions de référence ». En effet, si à l'origine de la méthodologie il était recherché l'économie de matières premières tout en répondant aux besoins fonctionnels (un système d'éclairage portatif individuel utilisant une batterie jetable), la remise en question des systèmes existants au regard des besoins ne semble plus un problème : il faut repenser le système pour qu'il réponde au mieux à la fonction attendue (on cherche par exemple des moyens de substitution aux piles qui sont polluantes et peu performantes comme des batteries rechargeables, des lampes solaires ou à manivelle, mise en place d'éclairages collectifs...). Cela montre la dépendance à l'aspect fonctionnel, mais aussi que les ressources tendent à couvrir plus largement des dimensions « économiques, sociales, écologiques ». Cette évolution semble être corrélée à un élargissement de la prise en compte des personnes concernées par la démarche d'analyse de la valeur : les normes (European Commission 1995; SAVE International 2007) définissent la valeur en fonction d'un « client » qui doit être satisfait. Ainsi, on cherche à satisfaire la personne qui va acheter une voiture. Aujourd'hui, les normes parlent de l'ensemble des Parties Prenantes qui doivent être satisfaites (NF EN 1325:2014-04 2014), c'est-à-dire les personnes ou groupes de personnes qui ont un intérêt dans un projet (INCOSE et al. 2016; NF EN 1325:2014-04 2014). Ainsi, on va chercher à satisfaire non seulement la personne qui va acheter une voiture mais également les gérants d'infrastructures routières (impact de l'action de rouler sur une route par exemple), l'état qui est garant de la sécurité et des normes de pollution, les actionnaires qui attendent du profit, etc. On voit un élargissement du périmètre pour lequel la valeur est définie. Les Parties Prenantes ont alors un ensemble de besoins à satisfaire plus grand : l'ensemble de **Critères de Valeur**, c'est-à-dire l'ensemble des éléments constitutifs de la valeur qui sont évalués puis agrégés si besoin, et qui doivent permettre de définir et mesurer la Valeur. Autrement dit, les Critères de Valeur sont dans ce manuscrit de thèse les indicateurs spécifiques à une démarche d'Analyse de la Valeur. Cet élargissement de la Valeur doit permettre d'intégrer des critères de valeur non plus seulement fonctionnels, c'est-à-dire ceux qui répondent à une

fonction par une solution technique, comme dans une analyse de la valeur orientée « client », mais il faut répondre également à des critères non fonctionnels comme « il faut que ce soit beau », « il faut que ce soit attrayant », « il faut que ce soit innovant », « il faut que ce soit moderne » ou bien encore « il faut que ce soit soutenable ».

L'Analyse de la Valeur se base sur l'implication des Parties Prenantes dans des groupes de travail. Un des points centraux de cette méthodologie est qu'elle repose, comme le décrit (Bowen et al. 2010), sur des ateliers (travail collaboratif) afin de supporter les prises de décision qui se basent sur la comparaison de la valeur de différentes solutions. Cette valeur est elle-même déterminée par la co-construction des Critères de Valeur qui sont évalués. Ainsi, ces groupes de travail permettent de discuter des Critères de Valeur et de définir une vision partagée de la valeur du projet. Cette valeur partagée va au-delà de la vision « valeur d'utilité par rapport à une valeur d'échanges » décrite auparavant. Au sein d'un groupe de travail, les Parties Prenantes exercent entre elles diverses influences (Hogg and Tindale 2008). Par exemple, le niveau hiérarchique des personnes peut avoir un impact : par exemple, le chef des ingénieurs pourra être perçu comme étant plus légitime que les autres techniciens présents autour de la table lorsque les Parties Prenantes échangent leur point de vue et font évoluer leur perception de la Valeur en fonction de l'action des autres (c'est une valeur construite de manière collaborative (Belkadi et al. 2004; Hogg and Tindale 2008)). L'intégration des Parties Prenantes consiste alors à introduire les différents points de vue des différentes Parties Prenantes en termes de connaissances, d'objectifs et de contraintes dans la conception du projet (Zwolinski 2013). L'exemple de la section suivante permet d'illustrer ces différents mécanismes.

Ainsi, la valeur partagée qui est construite par la collaboration entre les Parties Prenantes est un levier pour intégrer ces Parties Prenantes. Il est cependant à noter que ces Parties Prenantes évoluent dans une situation particulière qui va les influencer et donc influencer leur perception de la valeur. La dépendance des critères de valeur co-construits dans ce contexte, dans cette situation particulière, fait l'objet de la section qui suit, présentant un cas illustratif.

1.2.3. L'Analyse de la Valeur : cas illustratif

Nous avons vu auparavant que l'Analyse de la Valeur s'adapte au contexte. Nous allons dans cette section décrire une vision de l'Analyse de la Valeur construite à partir des observations et des pratiques chez Assystem Project Management sur la base de la description d'un cas illustratif. Ce cas permet de mettre en exergue les différentes étapes de la démarche en s'appuyant sur un exemple issu de formations dispensées par l'entreprise et représentatif de situation amont de conception de systèmes techniques (système de transport dans ce cas mais qui pourrait être un système de production d'énergie, ...). Ces différentes étapes nous aiderons par la suite à positionner les différents concepts mobilisés ainsi que leurs apports.

Prenons le cas de la problématique de liaison entre deux villes, A et B tel que représentée sur la Figure 3. La ville A est distante de 15 kilomètres de la ville B mais c'est une ville en déclin. La ville B est quant à elle dynamique et bénéficie de la présence de grosses villes aux alentours pour se développer du fait de ses connexions autoroutières et fluviales. L'objectif de l'étude est de trouver des solutions pour permettre de désenclaver la ville A qui est reliée à la ville B par des systèmes de communications routiers ne permettant pas d'accueillir de grand flux. Notons que l'exemple détaillé est disponible en ligne : [Analyse de la Valeur - nouvelle voie \(zenodo.org\)](https://zenodo.org/record/1411111/files/Analyse%20de%20la%20Valeur%20-%20nouvelle%20voie.pdf).

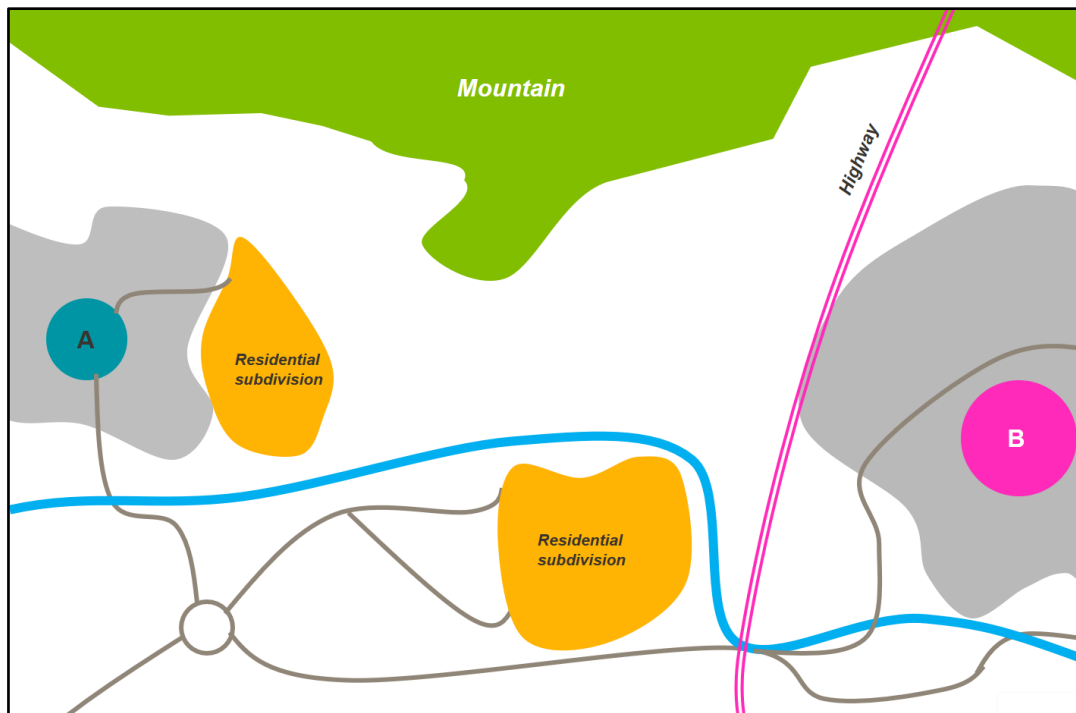


Figure 3 : Illustration de la ville A cherchant des solutions pour se désenclaver

Pour répondre à la problématique de désenclavement de la ville A, la démarche d'Analyse de la Valeur appliquée par Assystem est la suivante :

Étape 1 : Identification des parties prenantes. Pour traiter ce cas, le contexte est important : il faut mettre en place un groupe de travail et identifier les différentes parties prenantes. Cette première étape du travail, l'identification, est réalisée avec la région qui finance ce projet, qui connaît déjà certaines d'entre elles grâce aux contacts établis et à différentes études préliminaires, telles que des études topographiques ou socio-économiques. Cependant, il s'agit d'un processus itératif afin d'être exhaustif et de pouvoir évoluer. Ainsi, la région qui finance le projet est aussi le décideur. Les citoyens de la zone concernée sont impliqués ainsi que toutes les entreprises (et leurs employés) qui travailleront sur le projet. De nombreuses parties prenantes peuvent être identifiées : dans cette étude de cas, il en existe une quinzaine. Ils sont regroupés en 3 catégories pour faciliter l'étude (cf. [le document supplémentaire](#)). La multiplicité et la variété des parties prenantes sont un élément clé : il faut analyser les éléments clés : il faut analyser la valeur qu'elles accordent au projet en termes de perception des "coûts" et des "bénéfices". Cette analyse est réalisée ci-dessous au sein du groupe de travail composé des Parties Prenantes.

Étape 2 : Identification des Critères de Valeur. Après avoir identifié toutes les Parties Prenantes, il est essentiel de savoir ce dont elles ont besoin et de le caractériser. Pour cela, un questionnaire individuel puis une mise en commun permet de déterminer les différents besoins : « permettre de relier A et B plus facilement » ou encore « que le projet crée des emplois ». On distingue alors les Critères de Valeur qui sont fonctionnels et développés dans le paragraphe suivant et les Critères de Valeur plus difficilement exprimables comme « le projet s'intègre à l'environnement ».

Étape 3 : Identification des besoins et des fonctions associées (Analyse Fonctionnelle). Après avoir identifié toutes les Parties Prenantes et les Critères de Valeur qui leur sont associés, il est essentiel de savoir ce dont elles ont besoin et de le caractériser. Les besoins de chaque partie

prenante sont exprimés par le biais d'une approche d'analyse fonctionnelle. Relier A et B correspond par exemple au transport de personnes et à la facilitation des échanges. Il correspond respectivement aux attentes des villes et à celles des pouvoirs publics. Pour chaque étape du cycle de vie, les fonctions sont caractérisées et classées par "ordre d'importance" pour les Parties Prenantes (collectivement). Dans ce cas, un travail collectif est important car il permet d'impliquer les parties prenantes. La fonction la plus importante est "transporter des personnes", qui représente 45 % de l'importance du projet, tandis que la fonction "limiter les temps de transport" recueille 25 % des préférences des parties prenantes (Pour avoir un aperçu complet, se référer au [document supplémentaire](#)). Ainsi, le gouvernement souhaite améliorer les échanges entre deux villes pour permettre la création de valeur économique, dans le cadre d'un budget donné. L'objectif du projet est donc d'assurer des fonctions à un coût optimisé. La vie des citoyens est également en jeu avec la réduction des embouteillages, qui est rapportée à la valeur sociale. Les objectifs de réduction de la pollution en même temps que les transports publics se réfèrent à la valeur environnementale. En outre, les habitants des deux villes et des villes périphériques, les écosystèmes voisins comme les rivières et les montagnes, doivent également être pris en compte. Ainsi, une approche systématique des étapes du cycle de vie doit être réalisée afin d'obtenir tous les besoins des parties prenantes à chaque étape du cycle de vie du projet. Dans le cas présent, plusieurs besoins ont été identifiés pour aboutir à 4 fonctions principales (comme c'est décrit dans le [document supplémentaire](#)).

Étape 4 : Recherche de solutions et de scénarios. À partir des fonctions classées et des Critères de Valeur, des solutions sont explorées et documentées : elles répondent plus ou moins à chaque besoin, avec une priorité aux fonctions les mieux classées. De nombreuses solutions techniques peuvent être imaginées : une solution terrestre pourrait être décrite par des voies ferrées, de nouvelles routes ou autoroutes, des bus... mais aussi par des systèmes fluviaux ou cyclables, sans oublier les solutions mixtes. Un autre aspect est la prise en compte de la situation géographique : où implanter les installations et quelles pourraient en être les conséquences. Un canal avec une autoroute serait acceptable pour une partie des parties prenantes mais pourrait être trop coûteux ; tandis qu'une sortie directe de l'autoroute entraînerait une pollution sonore pour les habitants, une perturbation de la faune locale ou une déforestation des terres. La montagne pourrait également être enlevée... ou, plus raisonnablement, un tunnel pourrait être construit. À ce stade, il existe de véritables défis pour (1) trouver un accord entre la plupart des Parties Prenantes ayant des Critères de Valeur différents et (2) être en mesure d'expliquer aux décideurs comment les solutions ont été envisagées. Il s'agit à nouveau d'un travail collectif, et toutes les phases du projet et toutes les parties prenantes doivent être prises en compte. Pour trouver des scénarios capables de répondre aux différents besoins des Parties Prenantes pour toutes les étapes du cycle de vie du projet, il n'y a pas de limites à la créativité mais des contraintes dues au contexte : les liaisons directes entre les deux villes ne sont pas possibles pour éviter l'expropriation forcée ; il s'agit d'une décision du financeur. Une autre limite est la faisabilité : il existe cinq types de faisabilité : la réalisation technique, la réponse aux exigences, l'estimation des coûts acceptables, la capacité de réaliser ou la durée de l'étape de construction, le niveau des risques (techniques, contractuels, de planification, de surcoût...). Ainsi, le budget ne peut pas permettre d'enlever la montagne ; ce n'est pas concevable pour ce projet. Une fois la faisabilité explorée, de nombreuses solutions évoquées précédemment peuvent être écartées. Avec celles qui sont possibles, différents scénarios sont établis. En effet, avec une solution de sortie de l'autoroute, avec un contournement Nord ou Sud, ceux-ci pourraient être différents : ce ne sont pas les mêmes habitants qui pourraient être concernés, pas la même faune impactée. Ainsi, pour

chaque scénario, on peut définir des valeurs différentes pour les différentes Parties Prenantes à différents stades du projet.

Étape 5 : Évaluation de la Valeur. Les différentes solutions sont évaluées. Il s'agit de confronter les solutions/scénarios aux différents Critères de Valeur établis par le groupe de travail. Si d'un point de vue fonctionnel et financier, les chiffres permettent de faire des choix étayés pour rendre compte au décideur (le « prix à payer » pour un « service rendu » est assez naturel à évaluer : il existe du retour d'expérience. Ainsi, on peut comparer des solutions (vélo, train, bateau) pour aller d'un point A à un point B suivant des besoins définis (avec des sacs de course par exemple)), pour les autres Critères de Valeur il s'agit d'une convergence qui reste difficilement être étayés (il est délicat d'évaluer les critères sociaux et sociétaux comme « l'apport à la société » d'une portion d'autoroute qui est créée en coupant des villages en deux par exemple).

Étape 6 : Prise de décision. L'ensemble du processus aboutit à un rapport qui sert au décideur. Dans cette étude de cas, le financeur, qui est ici la région, décidera quel scénario semble être le meilleur, sur la base des diagrammes et/ou d'explications fournies dans le rapport ; ou déterminera quel(s) scénario(s) nécessite(nt) des études plus approfondies pour prendre une décision finale. Par exemple, le cas du bus semble intéressant pour la liaison entre les deux villes mais divers scénarios s'ouvrent : une voie dédiée ? Le renforcement des offres existantes ? Les coûts mais aussi les fonctions à remplir divergent malgré une solution technique identique (aux infrastructures près).

Il est possible de synthétiser l'approche comme suit (Figure 4), avec les grandes étapes de l'Analyse de la Valeur représentées de manière chronologique :

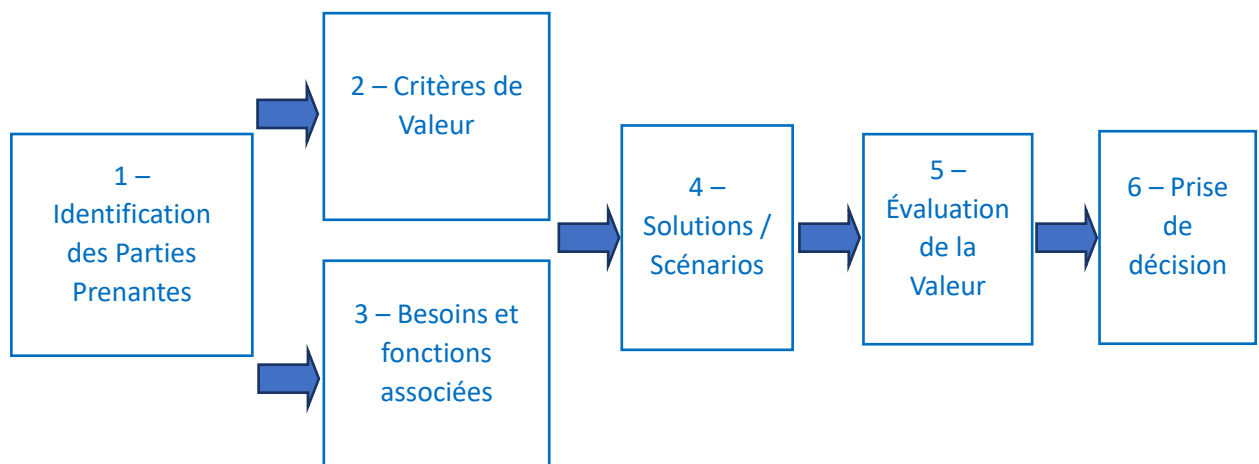


Figure 4 : les principales étapes de l'Analyse de la Valeur

L'exemple développé dans ce paragraphe permet d'illustrer le fait que l'Analyse de la Valeur permet d'intégrer les Parties Prenantes d'un projet. Cette intégration est menée par la mise en place d'une collaboration dans un groupe de travail. Il reste à comprendre ce qui permet à ces Parties Prenantes de converger pour avoir une vision partagée de la Valeur du projet.

1.3. L'Analyse de la Valeur comme levier de définition et de caractérisation de Critères de Valeur situés

La section précédente permet de montrer en quoi l'Analyse de la Valeur est un levier d'intégration des Parties Prenantes. Elle permet de faire l'hypothèse que la collaboration amène à la convergence et à l'intégration des Parties Prenantes. Cette section a pour objectif de

montrer comment une situation particulière est intégrée par les Parties Prenantes. Nous supposons dans cette thèse que c'est également cette situation qui permet la convergence par la définition d'une Valeur commune.

La vision partagée du projet se base sur les Critères de Valeur qui sont déterminés par une approche à la fois individuelle (les Parties prenantes exposent leur point de vue) et collective (les Parties Prenantes discutent jusqu'à ce qu'elles convergent sur un idéal de valeur partagé qui sert d'objectif à atteindre). On a alors une valeur qui dépend d'une situation donnée (compréhension d'une situation à un instant t à l'aide de connaissances spécifiques), qui dépend elle-même des Parties Prenantes. Par exemple, le désenclavement d'une petite ville de province peut être crucial pour les habitants de ladite ville voire le département qui lui accorde une grande valeur tandis qu'il s'agit, au niveau national voire régional, d'une préoccupation secondaire. C'est la connaissance de l'importance des déplacements interrégionaux pendulaires qui fait que la ville et le département s'en préoccupent tandis qu'au niveau de la région, les quelques centaines de personnes concernées ne font pas le poids devant des grands axes qui doivent supporter toujours plus de personnes.

L'idéal de valeur dans un groupe de travail en Analyse de la Valeur est donc situé (Haraway 1988) : ce sont les différentes connaissances spécifiques de chacune des Parties Prenantes qui permettent de définir à la fois la valeur individuelle puis, par échanges, la valeur collective du projet. Les critères de valeur dépendent donc fortement de la situation, via les Parties Prenantes, et la définition de la valeur collective intègre à la fois la diversité des Parties Prenantes et la situation dans laquelle ils sont construits (Figure 5).

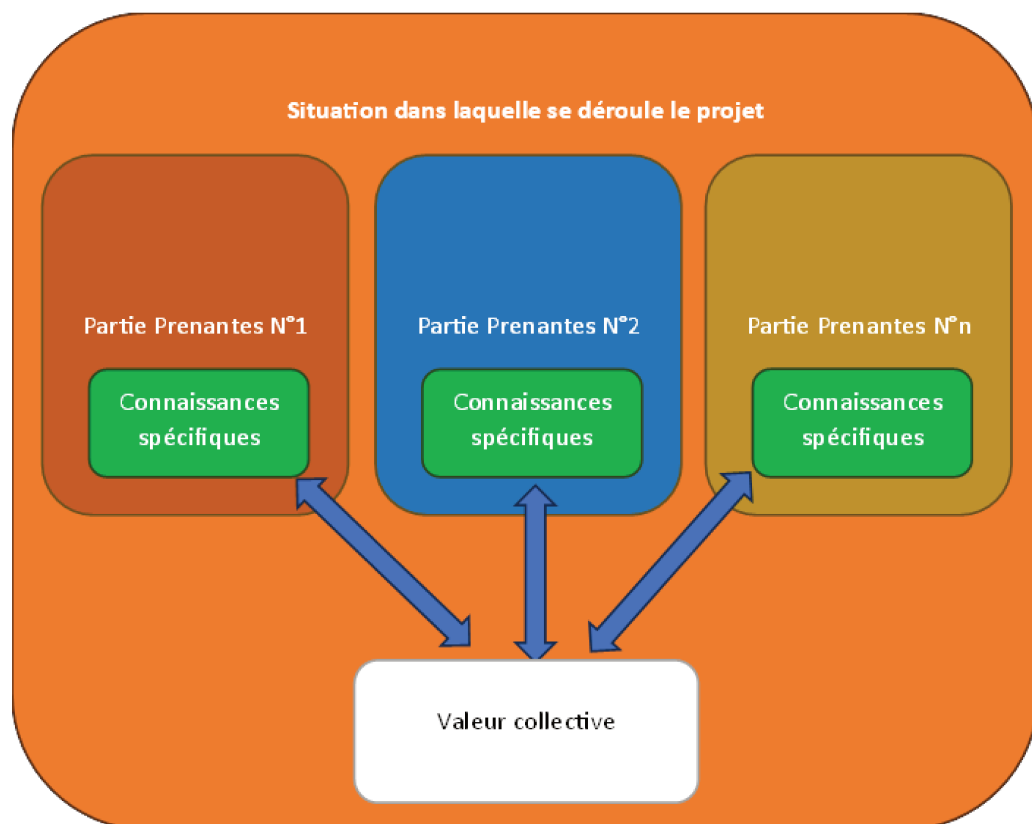


Figure 5 : la situation, portée par les Parties Prenantes, est intégrée à la définition de la Valeur

La situation, déterminée par les Parties Prenantes, permet de définir une valeur collective commune à atteindre. La prise en compte des changements sociaux et environnementaux est

devenue un enjeu majeur pour nos sociétés (Fischer et al. 2023). Pour faire face aux changements sociaux et écologiques, certaines Parties Prenantes souhaitent que ces dimensions soient intégrées. Ainsi, le positionnement d'acteurs comme l'entreprise Assystem, qui a lancé ce sujet de thèse, est d'entreprendre des démarches pour répondre à ce besoin d'intégration de ces dimensions. Ce besoin est aussi plus largement exprimé par des experts du domaine de l'Analyse de la Valeur qui mènent des travaux d'investigation au travers de séminaires et d'échanges (Université de la Valeur¹, Association Française d'Analyse de la Valeur²).

1.4. L'Analyse de la Valeur, insuffisante pour intégrer les enjeux de soutenabilité

Pour aborder la question de l'intégration des enjeux de soutenabilité en Analyse de la Valeur, nous commencerons par définir la soutenabilité. Il s'agit d'une situation particulière à intégrer dans la démarche d'Analyse de la Valeur. Or, comme nous l'avons vu auparavant, la situation est portée par les Parties Prenantes et l'enjeu est donc de parvenir à ce que la Soutenabilité soit caractérisée via des Critères de Valeur.

1.4.1. Le concept de soutenabilité

À l'origine, (Brundtland 1987) parle de développement soutenable comme une problématique : il faut parvenir à « répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». On retrouve dans la communauté scientifique diverses représentations dans lesquelles on cherche à trouver un équilibre entre ces différentes dimensions afin d'assurer la soutenabilité d'un produit ou d'un système (Purvis, Mao, and Robinson 2019). C'est le cas pour la Triple Bottom Line. En effet, dans cette représentation, la Soutenabilité est atteinte lorsque les dimensions sociales, économiques et environnementales sont toutes les 3 prises en considération en même temps (Figure 6).

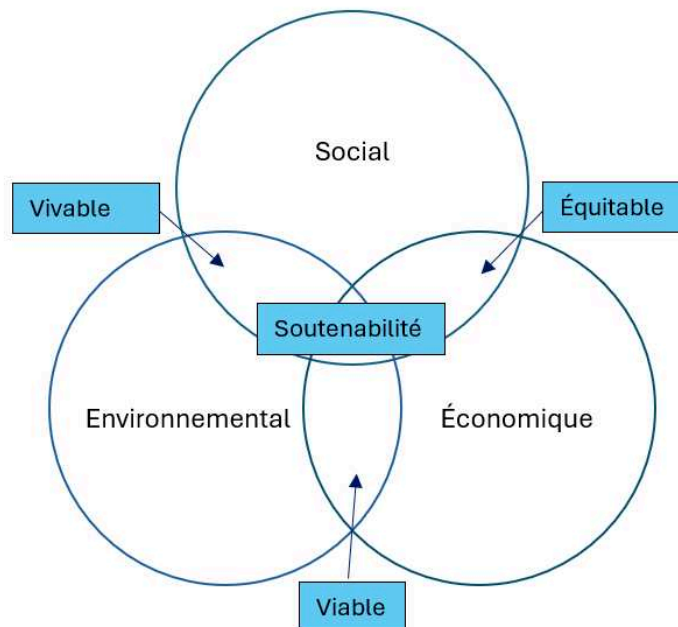


Figure 6 : La soutenabilité comme l'intersection des 3 piliers du Développement Durable (basé sur (Purvis et al. 2019))

¹ Vidéos sur le sujet : [Valeur et Eco-conception - YouTube](#) ; [Eco-Valeur - Conception d'un service de recyclage chez Haute Savoie Habitat - YouTube](#)

² Accès aux séminaires réservé aux adhérents de l'AFAV

Ainsi, la soutenabilité n'est que la zone d'intersection exacte des dimensions sociales, écologiques et économiques. En effet, la zone de rencontre entre les dimensions sociales et environnementales est nommée « vivable » ; la zone de rencontre entre les dimensions sociales et économiques est nommée « équitable » et enfin, la rencontre entre les dimensions environnementales et économiques représente un espace « viable ». Cependant, cette représentation ne fait pas l'unanimité. En effet, cette dernière approche sépare des facteurs pourtant imbriqués et ne fixe pas de limites à ne pas dépasser : la seule chose qui compte, c'est d'avoir un stock de capital global qui soit maintenu voire qui augmente pour les générations futures (Solow 1993). Ainsi, il ne semble y avoir aucune contrainte au développement, ce qui va à l'encontre de la finitude de la planète Terre (Pimentel et al. 1999). La soutenabilité a pour enjeux la gestion des dimensions sociales, écologiques et économiques qui « ne peuvent être considérés séparément » d'après (Fischer et al. 2023a). Celui-ci illustre ses propos par un exemple : « Les sécheresses dans un pays, par exemple, peuvent entraîner des flux de réfugiés qui, à leur tour, créent des tensions sociales dans d'autres pays ». Ainsi, ces 3 dimensions sont imbriquées : comme nous vivons sur une planète finie (Pimentel et al. 1999), l'environnement constitue une contrainte dans lequel l'être humain se construit socialement. Pour se développer, l'être humain utilise l'économie comme un moyen. Autrement dit, les capitaux ne sont pas substituables les uns aux autres, mais ils permettent tous le développement de la société humaine, à travers l'échange de capitaux, appelé économie. Il s'agit ainsi d'une logique de soutenabilité forte (Pelenc, Ballet, and Dedeurwaerdere, 2015). Dans cette approche, l'environnement est la dimension qui contraint la dimension sociale qui contraint elle-même la dimension économique, bien qu'il y ait des échanges entre ces dimensions (Figure 7).

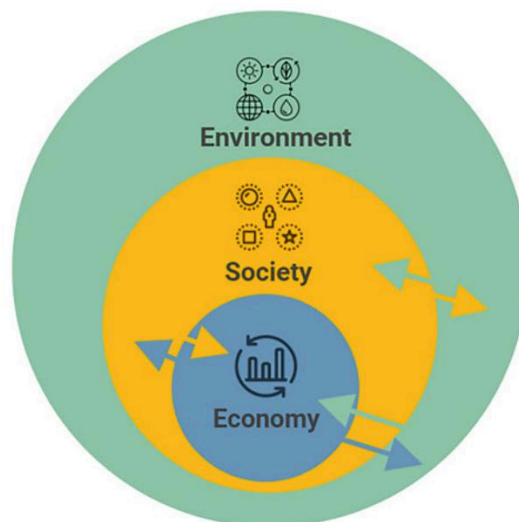


Figure 7 : l'imbrication des 3 piliers du Développement Durable selon (Fischer et al. 2023a)

Le positionnement de cette thèse se situe dans une approche de soutenabilité forte où les 3 dimensions sont imbriquées (Figure 7). Ceci permet de tenir compte du fait que les ressources sont limitées et que, dans ce cadre, l'économie est au service de la société.

La soutenabilité est un enjeu contemporain majeur car il se rapporte aux questions de vie humaines à l'échelle des générations actuelles. Il est donc particulièrement important de concevoir de nouvelles technologies qui permettent un futur soutenable. Dans ce cadre, une étude a été menée sur différents projets, chez Assystem Project Management, pour déterminer la place actuelle des critères de valeur en relation avec la soutenabilité dans des projets de

conception d'infrastructure touchant plusieurs générations et montrer l'importance de travailler à une meilleure intégration de la Soutenabilité en conception de produits.

1.4.2. La place de la soutenabilité dans les projets actuels : étude de cas chez Assystem Project Management

Comme cela a été décrit dans les sections précédentes, les Critères de Valeur sont spécifiques à une situation. Ils dépendent des Parties Prenantes qui les déterminent de manière individuelle puis collective. Ce processus collaboratif permet d'intégrer les Parties Prenantes et une situation donnée dans le projet. Cependant, les Critères de Valeur sont peu cadrés : l'analyse fonctionnelle permet de déterminer les besoins fonctionnels et de trouver des solutions qui viennent y répondre (Fernandes 2015). L'étude présentée ci-dessous se base sur plusieurs secteurs d'activité de l'entreprise Assystem Project Management (ex « ECP »). Elle permet d'analyser des projets d'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour des projets techniques impactants à l'échelle de plusieurs générations et d'identifier les critères de valeurs mobilisés dans ces études. Cette analyse permet d'observer la place de la soutenabilité dans ces projets à forts impacts pour plusieurs générations.

1.4.2.1. Étude de projets chez Assystem Project Management

L'étude se base sur des données issues de deux domaines d'activités 1) le ferroviaire et 2) le nucléaire. Ces deux domaines d'activités ont la caractéristique d'être des systèmes techniques (systèmes de transport et de production d'énergie) et d'avoir un étalement temporel important : de l'ordre du siècle. En effet, les projets d'infrastructure de transport et de production d'énergie sont des projets qui concernent plusieurs générations. Autrement dit, ces projets engagent le temps long et en conséquence, ont un caractère crucial pour les enjeux de soutenabilité.

Les projets étudiés se sont déroulés entre 2013 et 2020 et constituent un retour d'expérience (REX) non exploité par l'entreprise. Accompagné d'un expert en Analyse de la Valeur, nous avons identifié les projets impactants en termes de soutenabilité (dont l'impact humain, social et environnemental du projet qui étaient explicitement donné par les Parties Prenantes). La documentation des 10 projets (dont le REX était disponible au sein de la Direction Technique) choisis (rapports de fin d'étude, données brutes, etc.) a permis d'identifier les différents Critères de Valeur mobilisés dans chacun de ces projets. Ces différents Critères de Valeur identifiés ont été classés (toujours avec le soutien d'un expert en Analyse de la Valeur) en fonction de leur proximité à des dimensions sociales, environnementales ou économiques (d'après la formulation et les caractéristiques annexes décrites par les Parties Prenantes du projet (données confidentielles)).

Le Tableau 1 répertorie (à l'aide d'un numéro de projet et une date de réalisation) les caractéristiques des 10 projets choisis. On trouve ensuite le secteur d'activité (nucléaire ou ferroviaire) avant de décrire si, dans le projet il y a une distinction entre les Critères de Valeur individuelles et collective des Parties Prenantes (les Critères de Valeur sont-ils élicités individuellement par chacune des Parties Prenantes avant de converger de manière collective ?). Enfin, les Critères de Valeur sont répertoriés par ordre d'apparition dans la documentation. Ce travail a été réalisé en collaboration avec l'expert en Analyse de la Valeur ayant participé aux projets.

Numéro de projet	Date	Secteur d'activité	Elicitation par PP	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2019	Nucléaire	Non	Image et notoriété	Coûts	pérennité	production / disponibilité des tranches	Fiabilité du système	faisabilité au regard du tissu industriel	faisabilité au regard de la réglementation (ASN)	sûreté	Contraintes d'intégration au site (facilité d'implantation)	délais de mise en œuvre	ressources à mobiliser (MO, matériaux)				
2	2013		Non	sécurité	Image et retombées	Contrat et juridique	sûreté	Coût	Impact sur l'existant dû aux travaux									
3	2014		Non	RT 2012	Coût (surface)	Protection physique	Tenue au séisme	Autonomie des installations	Flux (logistique optimisée, aménagements internes et externes)	modularité de l'installation	Résistance à la tornade							
4	2017		Non	Risques	Acceptabilité du projet présenté	Pérennité des installations	Implantation	Modularité de l'installation	Coût global	Facilité des transports								
9	2015		Non	Réglementation	Coûts	Sûreté / sécurité	Technique	Flux de déchets / Transports	Planning									
11	2016	Infras	Oui	économie circulaire	déconstruction propre (réemploi)	Protection du citoyen/environnement	valorisation des compétences	création d'emploi, local et national	Réinsertion	Responsabilité sociétale	Image et notoriété (env/éco/soc) local et national	exploitation	investissement	pérennité ("économie globale")	Fiabilité du système de démantèlement (faisabilité)	ressources à mobiliser (facilité d'approvisionnement / terrains et sites existants)	"Développement Durable"	"Identifier les potentiels de création de Valeur"
12	2017		Non	Meilleur expérience client	Valoriser les services (bienveillance client)	Accompagnement au changement (agents) + valorisation des compétences ("poursuite le déploiement de mixité des missions")	Améliorer l'économie des futurs espaces voyages											
13	2018		Non	nouvelle activité de la gare	L'amélioration de la qualité du parcours client	L'amélioration du confort des voyageurs et de leur sentiment de sécurité	L'augmentation de la capacité potentielle des flux de voyageurs	mise en sécurité des bâtiments	agilité de l'usage des lieux	Les intérêts sociétaux et politiques	Les intérêts économiques	Les intérêts d'image ou de notoriété	la maîtrise du projet					
14	2019		Non	Impact environnemental "être économe en utilités"	Sécurité des agents (conduite, maintenance, travaux / exploitation)	Image et notoriété (riverains)	maintenance (qvt)	Qualité de vie au travail (bien-être)	Accompagnement au changement (agents)	exploitation	investissement	impact sur l'exploitation	Fiabilité du système (perf. : nombre de voies)	Facilité des opérations (maintenance installation)	ressources à mobiliser (matériaux)	modularité de l'installation		
15	2019		Oui	Respect "charte SNCF" (RSE)	Moderniser les installations Amélioration du réseau assainissement existant	Limiter les impacts socio-environnementaux (portique)	Faciliter l'exploitation	Image et notoriété (riverains)	Assurer les besoins des clients	Pérennité (du site)	Coût global (investissement et exploitation)							

Technique Économique Social Écologique

Tableau 1 : REX d'Assystem Project Management sur 10 projets

Plusieurs éléments sont à noter par rapport à ce tableau :

- Les Critères de Valeur sont définis de manière plus ou moins précise dans les rapports. En effet, comme ils sont définis par le groupe de travail, les rapports ne sont pas toujours précis quant au contenu exact des Critères de Valeur qui ne sont nommés que par un mot ou un ensemble de mot restreint : « déconstruction propre » (projet 11), « sûreté » (projet 1, 2), ou encore « responsabilité sociétale » (projet 11). Comme cela a été montré précédemment, cela vient renforcer le côté situé de ces Critères de Valeur.

De plus, les Critères de Valeur peuvent appartenir à plusieurs catégories :

- « Image et notoriété » (projet 1) peut se rapporter à l'aspect social : l'impact que peut avoir le projet sur les gens a une importance. Mais il peut également se rapporter à l'aspect économique : l'image véhiculée par les projets entraîne des répercussions sur la notoriété.
- « Modularité de l'installation » (projet 3) peut se rapporter à l'aspect social : les gens doivent pouvoir y travailler / s'en servir. Mais il peut également se rapporter à l'aspect technique : la modularité sous-entend un système adapté à cette modularité ; ou bien même économique : la modularité demande de l'anticipation et donc un coup de fabrication / maintenance d'un système technique plus élevé ou encore des personnes qui savent déployer cette modularité.
- « Économie circulaire » peut se rapporter à l'aspect écologique : créer des flux bouclés pour en réduire l'impact. Mais il peut également se rapporter à l'aspect économique : créer de nouvelles opportunités financières en s'associant pour optimiser la gestion des flux ; voire social : le concept d'économie circulaire donne une image positive : le projet se préoccupe de ses impacts.

- En lien avec l'élément précédent : le système de classification semble peu adapté : du fait des descriptions des Critères de Valeur qui est limitée et du parti-pris fonctionnel des projets. En effet, les Critères de Valeur sont définis soit comme des fonctions, c'est-à-dire une action à mener qui commence par un verbe, comme « faciliter l'exploitation » (projet 15) ou encore « assurer les besoins des clients » (projet 15) ; soit avec une description se rapportant directement à de la technique : « fiabilité du système » (projet 1), « impact sur l'existant » (projet 2) ou encore « technique » (projet 9). Le choix a alors été fait d'ajouter une catégorisation supplémentaire pour les aspects fonctionnels (représentés en gris dans le tableau). Ainsi, cette analyse a permis de mettre en lumière qu'un classement basé sur les 3 « piliers du Développement Durable » semble problématique pour bon nombre de critères et que seules les Parties Prenantes du projet sont capables de décrire, dans un contexte donné, comment caractériser ces Critères de Valeur. Cette analyse permet de mettre en évidence le caractère fonctionnel de l'ensemble de la méthodologie d'Analyse de la Valeur : les Critères de Valeur se rapportent le plus souvent à des dimensions techniques/fonctionnels (40/88 Critères de Valeur soit 45%) ou économiques (financières) du projet (29/88 Critères de Valeur soit 33%). Cela permet de montrer de manière factuelle que les Critères de Valeur permettent de supporter principalement les dimensions techniques et économiques pour 78% des Critères de Valeur, bien qu'il existe d'importantes disparités (dans le projet 1, 1 seul Critère de Valeur n'est pas de l'ordre du technico-économique (sur 11 critères), tandis que pour le projet 11, seulement 2 critères sont de l'ordre du technico-économique (sur 15 critères)).

1.4.2.2. *Résultats de l'étude : l'insuffisance des Critères de Valeur pour intégrer les enjeux de soutenabilité en Analyse de la Valeur*

L'étude des Critères de Valeur a permis de mettre en évidence d'un point de vue pratique que :

- 1) Un Critère de Valeur est situé : il porte un sens lié au domaine : si dans le ferroviaire, le concept de « sûreté » renvoie au sens commun c'est-à-dire un synonyme de sécurité, dans le domaine du nucléaire, en revanche ce concept est très cadré et signifie l'intégrité des biens et des personnes pour assurer une continuité d'exploitation tandis que la sécurité se rapporte aux risques extérieurs : intrusions, dommages... On peut en déduire que chacun de ces domaines ne peuvent être étudiés de façon uniforme (traitement de données à grande échelle par exemple). Il apparaît alors que les Critères de Valeur sont liés à une situation particulière. Pris hors contexte, chacun de ces Critères de Valeur peut avoir diverses significations. Il n'y a donc pas de standardisation des Critères de Valeur.
- 2) Les Critères de Valeur permettent de définir la Valeur perçue par chacune des Parties Prenantes : la Valeur collective est alors la convergence des différents Critères de Valeur. La place de chacune des Parties Prenantes n'est que peu exploitée (en dehors du projet 11 dans lequel les Parties Prenantes ont pu s'exprimer individuellement avant de trouver un compromis. Il faut noter qu'il s'agit du projet qui intègre le plus d'enjeux de soutenabilité. Il semblerait donc qu'il y ait une corrélation entre les deux phénomènes). Compte-tenu de l'état de l'art précédent (section 1.3), on peut s'interroger sur le partage d'une valeur collective au sein du projet.
- 3) La caractérisation des Critères de Valeur permet d'obtenir des constats intéressants :
 - Les Critères de Valeur sont situés et liés aux Parties Prenantes
 - Les Critères de Valeur sont majoritairement décrits de manière simple (un mot)
 - Les Critères de Valeur se rapportent le plus souvent à des dimensions techniques ou économiques du projet (en lien avec les besoins exprimés)
 - Les Critères de Valeur manquent de cadrage, de définition, dès lors qu'ils concernent des dimensions sociales et/ou écologiques
- 4) Les Critères de Valeur n'intègrent que partiellement les enjeux de soutenabilité. En effet, les projets n'ont pas tous des dimensions sociales et / ou écologiques (les projets 4 et 5 par exemple n'en intègrent aucun). Cela peut s'expliquer par un manque de cadrage des Critères de Valeur par rapport à ces enjeux de soutenabilité (et un manque de connaissance de ces enjeux).

L'étude de ces Critères de Valeur a permis de mettre en exergue l'importance du groupe de travail qui crée ces Critères de Valeur. Ce sont les Parties Prenantes qui sont la base des réflexions et de l'établissement des indicateurs. Or, dans la pratique, si les connaissances des enjeux de soutenabilité des Parties Prenantes sont limitées, ces enjeux ne seront que partiellement intégrés d'autant plus qu'il n'existe pas de cadrage particulier autre que celui de l'expert en Analyse de la Valeur les accompagnant. Ainsi, les démarches actuelles se concentrent principalement sur des aspects technico-économiques et peinent à intégrer les enjeux de soutenabilité.

Nous faisons alors l'hypothèse que ces connaissances des enjeux de soutenabilité des Parties Prenantes sont insuffisantes dans le cadre actuel. Sous couvert de cette hypothèse, l'intégration de ces enjeux nécessite 1) d'avoir connaissance de ces enjeux de soutenabilité mais également que cette connaissance des enjeux soit suffisante pour opérationnaliser cette soutenabilité dans les démarches d'Analyse de la Valeur. Pour cela il faut s'assurer que les Parties Prenantes

connaissent les objectifs et les contraintes du projet dans un contexte de soutenabilité. L'intégration de ces enjeux nécessite également 2) d'avoir un lien suffisant entre individu et collectif afin de partager les connaissances et les objectifs à atteindre. Cela semble indispensable pour que les Parties Prenantes caractérisent et mesurent leurs Critères de Valeur spécifiques par rapport aux objectifs communs du projet.

1.4.3. Conclusion du chapitre 1

Ce chapitre 1 montre l'importance de l'intégration des Parties Prenantes d'un projet dans le processus de conception d'un produit. En effet, ce sont ces Parties Prenantes qui portent les enjeux liés à une situation. Pour cela, la démarche d'Analyse de la Valeur semble particulièrement intéressante puisqu'elle permet d'avoir une approche collaborative et d'échanger autour du concept de Valeur. Dans ce cadre, la Valeur est définie comme étant un ratio « satisfaction des besoins / ressources ». Pour définir cette Valeur, les Parties Prenantes définissent des Critères de Valeur, c'est-à-dire l'ensemble des éléments constitutifs de la Valeur qui sont évalués (notations du groupe de travail). Une étude menée chez un industriel montre cependant que ces Critères de Valeur ne sont pas cadrés : ce sont les Parties Prenantes qui les déterminent de manière collaborative et elles se concentrent majoritairement sur des dimensions techniques et économiques. Aujourd'hui, la Soutenabilité est un enjeu majeur pour notre civilisation, il faut donc intégrer ces enjeux en Analyse de la Valeur. L'Analyse de la Valeur n'est en l'état pas capable d'intégrer les enjeux de soutenabilité dans les projets (manque d'intégration des enjeux sociaux et écologiques), ce qui amène à se poser la question suivante : comment caractériser et mesurer des Critères de Valeur de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception ?

La problématique relevée dans ce premier chapitre est donc comment caractériser et mesurer des Critères de Valeur de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception ?

Pour traiter cette problématique, le chapitre suivant étudiera les critères de soutenabilité existants et potentiellement mobilisables à partir d'un état de l'art en sciences de la soutenabilité.

Chapitre 2. Les Critères de Valeur proposés en sciences de la soutenabilité pour intégrer les enjeux de soutenabilité en conception de produits

Le chapitre 1 permet de montrer que l'Analyse de la Valeur est capable d'intégrer les Parties Prenantes dans un projet de conception. Il permet de mettre en évidence le manque de cadrage pour l'intégration des enjeux de soutenabilité. Cette thèse se situe dans une approche qui permet de gérer des ambitions tant de soutenabilité faible que de soutenabilité forte où les capitaux écologiques (qui sont finis donc contraignants), sociaux (dont le but est d'assurer le développement en vue d'atteindre le bien être) et économiques (moyen de développement) ne peuvent se substituer les uns aux autres. Cette démarche permet aux clients d'Assystem de pouvoir déployer la démarche qui sera proposée quelque soit ses ambitions en terme de soutenabilité. Ainsi, on cherche à savoir comment est-ce qu'il est possible de s'assurer par la mesure d'indicateurs que le projet (et ses impacts) est en phase avec la logique de soutenabilité forte, autrement dit celle qui est la plus contraignante (Figure 7). Pour cela, ce chapitre dresse un état de l'art des indicateurs permettant de caractériser et mesurer la soutenabilité dans un projet de conception afin d'avoir une vision holistique du projet, compréhensible par l'ensemble des Parties Prenantes. Cet état de l'art a été entrepris au tout début de cette thèse (15/01/2020), puis une veille régulière a été faite. Cette recherche s'est basée sur ScienceDirect avec la recherche des mots clés suivants : (indicators OR KPI), (sustainable OR sustainability), (measure OR quantify), stakeholder, design, « decision-making ». Ces recherches se sont portées sur l'ensemble des articles, sur une période allant de 2008 à 2020 dans les articles de recherche et les articles de revue ; dans les domaines de l'ingénierie. Un focus a été entrepris dans « Journal of Cleaner Production », journal interdisciplinaire traitant des enjeux de soutenabilité, pour restreindre les résultats.

Nous nous focalisons dans un premier temps sur la compréhension des différents Critères de Valeur de chacune des Parties Prenantes avant de pouvoir les caractériser.

2.1. Les capitaux comme levier d'identification des Critères de Valeur par échanges entre les Parties Prenantes

Comme montré dans le paragraphe 1.4.1, « les capitaux sont cruciaux pour comprendre les échanges et les enjeux de soutenabilité » : le seul capital économique ne suffit pas à définir la situation d'un projet. L'ensemble des capitaux est un levier pour comprendre la situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes. (Allais 2015) montre l'importance de ce type d'analyse pour qu'une entreprise puisse créer de la valeur dans une situation donnée (sur son territoire). En effet, la compréhension des différents capitaux permet de faire un état des lieux des forces et des faiblesses dudit territoire. Ainsi, le territoire est vu comme « un système de création / destruction de valeurs matérielles et immatérielles, par circulation des différents capitaux » (Allais 2015). Cela permet de dresser un bilan des apports de l'entreprise au territoire et inversement. L'environnement y apparait comme une contrainte tandis que l'économie y est un moyen d'action (Figure 8).

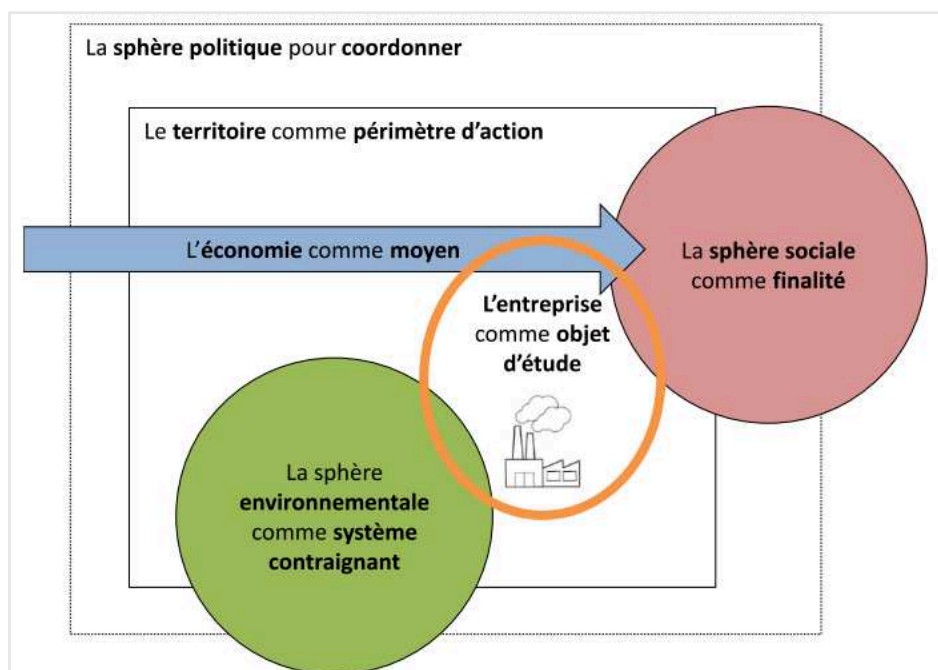


Figure 8 : les capitaux, vecteur de création et de destruction de valeur pour une entreprise sur un territoire donné, issu de (Allais 2015)

Le bilan des capitaux mobilisables permet de définir des actions à mener pour créer une valeur collective. Pour rendre compte des différents capitaux et notamment des capitaux immatériels mobilisés, (Fustec et al. 2011; Verrier et al. 2019) déclinent une méthode de comptabilisation des différents capitaux immatériels, en adoptant un point de vue « entreprise ». On y retrouve ainsi évalué le capital client, humain, organisationnel ou encore sociétal et naturel. L'importance de ces capitaux est d'autant plus grande qu'on sait aujourd'hui que le capital immatériel permet de générer des « avantages compétitifs » (Fustec 2016). Autrement dit, l'intégration de ces capitaux immatériels dans la comptabilisation des capitaux permet de créer de la valeur dans les projets. Ainsi, la comptabilité extra-financière est un enjeu majeur pour comprendre et entreprendre des prises de décision en vue de concevoir des projets soutenables : « l'ajout de la dimension environnementale dans le processus de conception modifie les objectifs globaux et locaux, les outputs, les ressources, le processus et ses indicateurs » (Allais 2015). On a ainsi un système de comptabilisation des capitaux. Ces capitaux concernent tant les capitaux techniques ou financiers (que l'on retrouve en Analyse de la Valeur) que les capitaux sociaux et écologiques (qui manquent aujourd'hui de cadrage en Analyse de la Valeur). Ces capitaux concernent également les externalités de l'entreprise, autrement dit les impacts sur la société et l'environnement (flèches de la Figure 7 quant à la soutenabilité forte).

L'inventaire permet de lister les différents capitaux mobilisés par les Parties Prenantes et d'initier les échanges par rapport à ces capitaux. La compréhension des capitaux mis en œuvre par chacune des Parties prenantes permet d'établir un premier cadre pour situer le contexte dans lequel le projet se déroule. Pour cela, il est possible de s'appuyer sur les capitaux identifiés dans la méthodologie décrite par (Fustec et al. 2011; Verrier et al. 2019) pour questionner les Parties Prenantes d'un projet : quels capitaux mobilisent-elles, comment et quel en sera l'impact ? Selon cette méthode, l'évaluation se fait suivant le système de notation qui dépend de chacun des capitaux. Cette évaluation chiffrée permet de proposer des indicateurs (KPI). Pour illustrer ceci, prenons un exemple type : la satisfaction des clients d'une entreprise se mesure suivant une analyse du type : si plus de 95% des clients se disent satisfaits ou très

satisfait, la note est de « 20/20 ». Les notes vont de 5 en 5 jusqu'à atteindre 0 pour moins de 30% de satisfaction. Or, cette satisfaction fait partie d'un ensemble plus complet qu'est l'indicateur de qualités individuelles du client, qui est lui-même une partie (1/3) du capital client. Le capital client correspond alors à la moyenne des notes globales obtenue : si l'indicateur « qualités individuelles » est de 15, et que celui des 2 autres est de 5 et 10, la moyenne sera de 10 (exemple inspiré de (Fustec et al. 2011)).

Ainsi, cette méthode permet de dresser un bilan des capitaux mis en œuvre dans le projet afin de comprendre la situation dans laquelle l'Analyse de la Valeur est menée : elle offre un cadre aux étapes suivantes de la méthodologie d'Analyse de la Valeur, c'est-à-dire l'analyse des Critères de Valeur ainsi que l'analyse fonctionnelle. L'hypothèse faite est que cette approche aide les Parties Prenantes à comprendre quelles sont les autres Parties Prenantes du projet et ainsi de mieux cibler leurs besoins et adapter leurs propres Critères de Valeur individuels puis collectivement (cf Figure 9).

De plus, les travaux de (Allais 2015) suggèrent également de se servir de cette approche par les capitaux pour analyser le réseau de Parties Prenantes : cette approche permet par exemple d'identifier des manques dans la liste de Parties Prenantes connues. En effet, si une des Parties Prenantes identifie un capital qui lui semble important mais qu'aucune Partie Prenante n'est capable de fournir ce capital, cela signifie que la liste des Parties Prenantes n'est pas complète. Par exemple, si un projet d'entreprise requiert l'utilisation de composants électroniques, il peut être identifié un fournisseur principal (« X ») qui fournit tout ce qui est indispensable au projet sauf un composant particulier, un processeur spécifique par exemple. C'est au travers des échanges entre les Parties Prenantes et leur compréhension de la situation qu'il est possible d'identifier ce manque : « j'ai besoin de X pour le composant 1, 2 et un processeur Y ». Mais « X » n'est pas capable de fournir le processeur, il faut donc chercher une autre Partie Prenante qui soit capable de répondre à ce besoin.

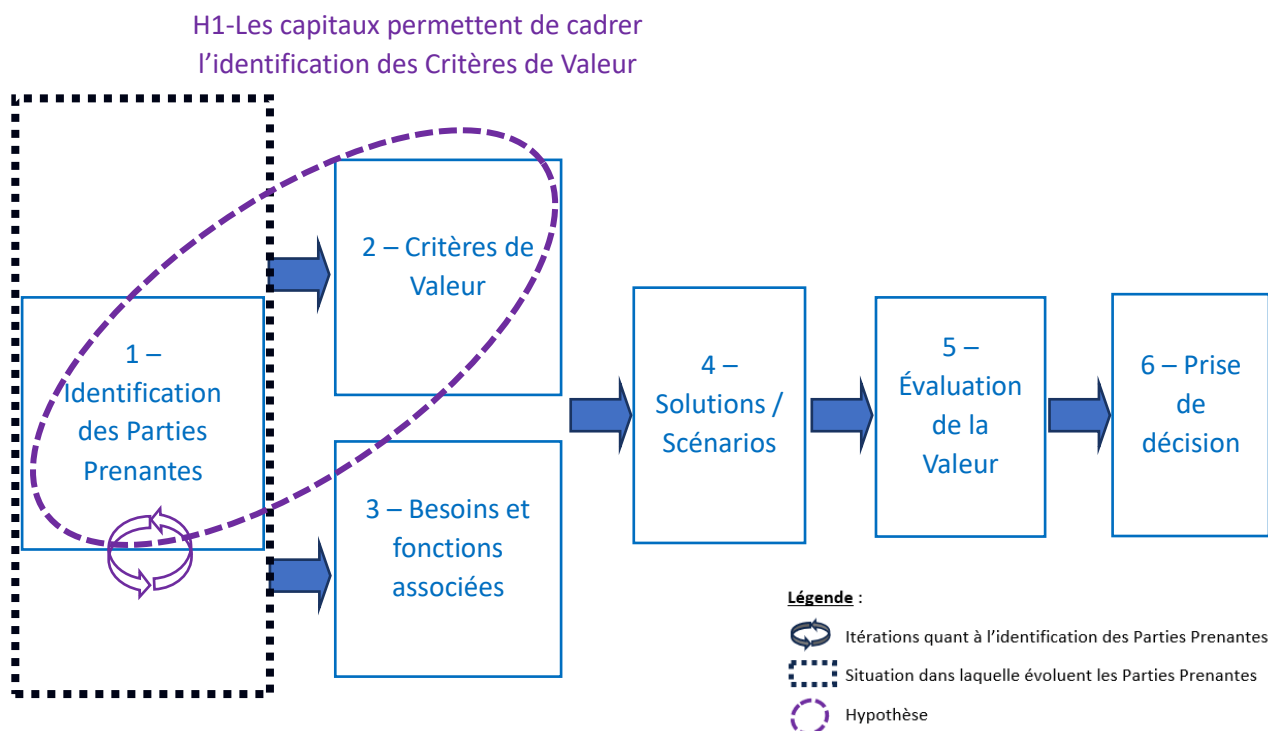


Figure 9 : les capitaux pour comprendre les Critères de Valeur des Parties Prenantes

Ainsi, la Figure 9 permet de mettre en perspective l'apport potentiel des capitaux sous la forme d'une hypothèse (H1) : ils sont utilisés pour comprendre la situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes et servent donc de cadre à l'identification des Critères de Valeur. On voit également que cette approche permet de faire des itérations quant à l'identification des Parties Prenantes.

Malgré un cadre qui permet de comprendre la situation dans laquelle les Parties Prenantes décrivent leurs besoins, la démarche est en l'état très peu précise. En effet, elle n'offre pas d'indicateurs pour mesurer les impacts du projet sur les différentes dimensions de la soutenabilité. Il faut donc s'intéresser à ces indicateurs.

2.2. Indicateurs d'impacts environnementaux en écoconception

Pour intégrer les impacts environnementaux en conception, il existe de nombreuses méthodes et outils intégrés dans les démarches d'écoconception. Il s'agit de l'intégration de la dimension environnementale tout au long du cycle de vie d'un produit (ISO 14062 2002). L'écoconception s'appuie sur des outils comme la roue de Brezet pour définir des axes prioritaires d'amélioration d'un produit (Leroy 2011). L'évaluation se fait de manière qualitative ou quantitative, suivant les données accessibles. Le listage est couramment utilisé pour rendre compte des avantages et inconvénients de l'utilisation de certaines matières/matériaux et faire des comparaisons afin de prendre des décisions. C'est le cas par exemple de la matrice « MET » (Matériau, Énergie, Toxicité), qui permet de faire des évaluations relatives pour chacune des phases du cycle de vie en se focalisant sur 1) l'intensité de consommation des matériaux, 2) sur la consommation énergétique et 3) la toxicité (Leroy 2011). D'autres outils et méthodes sont recensés par (Bellini and Janin 2019) comme le Bilan Environnemental des Emballages (BEE) qui permet de comparer des emballages en fonctions d'indicateurs comme la contribution à l'effet de serre, l'acidification atmosphérique, l'eutrophisation ; l'indice écologique qui permet d'estimer « un indice par rapport à des critères sélectionnés, avec attribution de pénalités » (Bellini and Janin 2019).

Il existe de nombreux indicateurs dans des méthodes qui peuvent être monocritères ou multicritères, qualitatives ou quantitatives. Pour ce qui est des indicateurs monocritères, ils sont utilisés pour faire des choix relatifs (par comparaison : par exemple, on va chercher quel est le produit qui permet d'émettre le moins de CO₂) ou ne sont utilisés que dans certaines phases du cycle de vie. En effet, il existe des indicateurs de fin de vie (taux de recyclabilité), des indicateurs énergétiques (contenu énergétique), de pollutions (empreinte carbone), etc. Ces indicateurs utilisés dans les démarches d'écoconception ne donnent qu'une vision partielle des impacts potentiels : on ne s'intéresse, de manière isolée qu'à une des dimensions de la soutenabilité. Par exemple, l'empreinte carbone n'intègre que la dimension environnementale. On ne retrouve ainsi qu'une vision partielle de la soutenabilité, masquant les liens existants entre les différentes dimensions comme on a pu le voir dans la Figure 7 (pourtant indispensables à une soutenabilité forte).

Pour avoir une vision globale, tous ces indicateurs doivent alors être choisis pour faire des évaluations qui soient cohérentes dans un contexte donné et c'est pourquoi il existe des méthodes de choix d'indicateurs. On peut distinguer des approches que nous qualifions de top-down (« par le haut », c'est-à-dire qui vient d'une décision stratégique), qui consistent à appliquer des indicateurs issus d'un décideur ou d'objectifs prédéterminés (par l'entreprise) (Buchert et al. 2017; Ibáñez-Forés, Bovea, and Pérez-Belis 2014). Les études menées dans ce contexte montrent la dépendance des prises de décision à une stratégie plutôt qu'à une réalité de terrain et le manque d'intégration des Parties Prenantes. Par exemple, les enjeux RSE d'une entreprise sont souvent déclinés dans les pratiques de conception de produit en utilisant des indicateurs déterminés par la stratégie de l'entreprise.

Pour pallier à ceci, il y a des approches que nous qualifions de bottom-up (« par le bas », c'est-à-dire qui viennent du terrain et qui sont remontées jusqu'au niveau stratégique de l'entreprise), qui consistent plutôt à déterminer dans le groupe de travail lesdits indicateurs, comme illustré par (Visentin et al. 2020; Al Waer and Clements-Croome 2010). Les consultations publiques sont un exemple d'approche bottom-up : elles permettent à tout citoyen français de donner son avis y compris sur des critères à mesurer lors de travaux d'aménagements urbains par exemple. La ville d'Amsterdam s'est servie de consultations publiques afin d'établir ses objectifs sociaux et écologiques dès les années 2010. Dans ce contexte, il est possible de se baser sur des Parties Prenantes, qu'elles soient de simples citoyens ou des organisations pour déterminer des indicateurs qui soient situés tout en pointant les éventuels manques engendrés par le support d'indicateurs existants et le besoin d'appropriation des indicateurs par les Parties Prenantes.

La Figure 10 montre les deux approches qui se distinguent dans la littérature : d'un côté une vision descendante du choix des indicateurs, guidée par la stratégie du projet et de l'autre un choix guidé par le terrain.

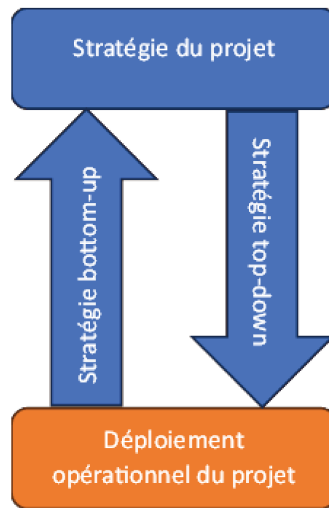


Figure 10 : stratégie de choix d'indicateurs bottom-up et top-down

Pour choisir les indicateurs les plus appropriés à une situation donnée, il existe différentes revues de littérature qui proposent des classements des indicateurs (Valenzuela-Venegas, Salgado, and Díaz-Alvarado 2016) pour la sélection d'indicateurs de soutenabilité. Dans le cadre des études d'écoparcs industriels, (Mascarenhas, Nunes, and Ramos 2015) propose une revue de littérature plus généraliste sur lequel tout projet pourrait se baser ; c'est également l'objectif de travaux financés par l'ADEME (Rethore et al. 2021). Cependant, ces méthodes suggèrent de passer par une phase (chronophage) d'état de l'art des indicateurs existants dans un contexte donné afin d'effectuer des sélections. Bien que ces éléments méthodologiques soient pertinents, ils viennent en dehors de la démarche existante d'Analyse de la Valeur.

Malgré des listes d'indicateurs et un choix qui semble guidé dans la littérature, il ressort que la plupart des outils et méthodes utilisés sont monocritères, ne prenant pas en compte les multiples dimensions qui sont dépendantes les unes des autres et qui sont ainsi liées (pollution, eau, air et biodiversité par exemple). Ainsi, ces indicateurs ne portent pas le sens de ce qu'est la soutenabilité et reposent sur des hypothèses fortes sur leur relation avec la soutenabilité. Par exemple, un critère de recyclage suppose qu'au plus on recycle, au plus on est soutenable, ce qui est difficile à démontrer dans un cas général.

On s'intéressera dans la section suivante à la méthode d'évaluation des impacts environnementaux qui est multicritère et systémique, la plus utilisée dans les projets de conception. L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) établit le lien le plus formalisé avec la soutenabilité à travers des indicateurs d'impacts existants ou potentiels.

2.2.1. L'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthode d'évaluation des produits et des systèmes, inspirée des méthodes d'évaluation des flux (Bjørn et al. 2017). L'ACV est cadrée par différentes normes (ISO 14040 et ISO 14044) qui permettent de définir un « périmètre du cycle de vie étudié » par une fonction à remplir (unité fonctionnelle) d'après (Bratec 2020), (étape 1, Figure 11). Cette fonction à remplir nécessite différents flux d'énergie et de matière en entrée/sortie du produit qui sont évalués à la suite d'un inventaire (analyse de l'inventaire, étape 2, Figure 11). Il s'agit donc d'une méthode nécessitant de nombreuses données quantitatives. Cet inventaire permet l'évaluation des impacts potentiels. Les différents impacts de ces produits sont évalués par des indicateurs qui dépendent de la méthode de caractérisation de ces impacts (« façon dont est calculé l'impact ») (étape 3, Figure 11) ; ce qui implique « une forte variabilité

potentielle entre chaque méthode » comme le décrit (Bratec 2020), et donc dépend d'un choix effectué par l'analyste. En effet, à partir d'une liste de ressources et d'émissions, une série d'indicateurs permet de calculer puis de représenter les contributions d'un produit à un certain nombre de catégories d'impacts comme le changement climatique, l'eutrophisation ou encore la raréfaction des ressources (Bjørn et al. 2017).

Enfin, l'étape 4 de la Figure 11 consiste à interpréter chacune des étapes afin d'itérer et de veiller à la cohérence de l'analyse.

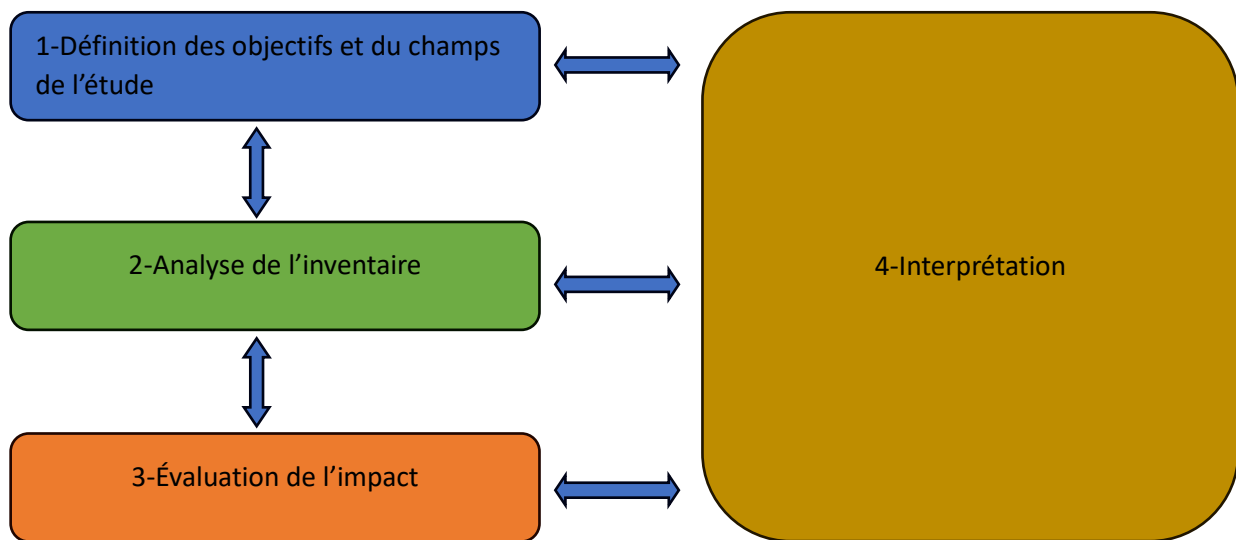


Figure 11 : L'Analyse du Cycle de Vie selon (ISO 2006)

Dès les prémices de la méthodologie (fin des années 1960), l'ensemble du cycle de vie est intégré dans l'évaluation. C'est aujourd'hui une méthode d'évaluation populaire, dont l'utilisation est encouragée par les gouvernements étant même devenu une base pour le déploiement des politiques publiques en termes environnementaux (Chen et al. 2014; Guinée et al. 2011). Cette approche standardisée est donc la plus utilisée pour intégrer les dimensions écologiques dans la conception, étant considérée comme « le meilleur outil d'évaluation » (Millet et al. 2004). Pour cela, des indicateurs sont utilisés dans les étapes d'analyse de l'inventaire (étape 2, Figure 11) et dans l'étape d'évaluation de l'impact (étape 3, Figure 11).

Les premiers indicateurs dans l'étape d'analyse de l'inventaire sont utilisés pour réaliser un bilan chiffré des différents flux, entrant et sortant du système étudié. Il permet, en se basant sur une description du produit, de pouvoir décrire le système en termes de procédés utilisés durant le cycle de vie dudit produit (Bratec 2020). Par exemple, l'extraction de matières premières puis leur traitement, l'injection de matière, le transport des différents composants (...) sont décrits. Ainsi les indicateurs utilisés durant la phase d'inventaire du cycle de vie servent à décrire le produit. D'autres indicateurs, calculés à partir des premiers, sont utilisés quant à eux pour caractériser de manière quantifiée l'impact potentiel qu'aura le produit durant tout son cycle de vie sur l'environnement, en se basant sur l'inventaire du cycle de vie (il s'agit de l'étape d'évaluation de l'impact). Cela permet une caractérisation quantifiée des différents impacts potentiels en termes de dommages ou de conséquence des dommages (Bratec 2020). Ainsi, l'ACV permet de mesurer des impacts existants ou potentiels en se basant sur la description du produit étudié dans un contexte donné. Il dépend donc des données qui sont disponibles. L'ACV permet d'avoir une vision sur les impacts existants ou potentiels en termes d'environnement.

Malgré des indicateurs qui semblent pertinents, les limites de cette démarche dans le cadre d'une Analyse de la Valeur sont décrites dans la section suivante.

2.2.2. L'Analyse du Cycle de Vie utilisée en Analyse de la Valeur

Dans la littérature dédiée à l'Analyse de la Valeur, les enjeux de soutenabilité sont traités sous deux prismes particuliers : 1) celui du fonctionnel et 2) celui de la dimension écologique. En effet, les travaux existants (Cluzel et al. 2020; Rodriguez Moreno 2016; Rodriguez Moreno, Rohmer, and H. W. Ma 2015a; Rodriguez Moreno, Rohmer, and H.-W. Ma 2015a), se concentrent sur une mise sous forme de fonction des Critères de Valeur exprimés concernant l'environnement. En effet, la Figure 12 montre la partie fonctionnelle qui adresse les enjeux de soutenabilité dans les approches d'Analyse de la Valeur. Ainsi, on ne trouvera pas une forme de Critère de Valeur « biodiversité », mais une fonction « protéger la biodiversité ». Sous cette forme, seule la dimension fonctionnelle du produit ainsi que la dimension écologique sont intégrées. De plus, l'approche décrite (projet AVEC : (Cluzel et al. 2020)) tout comme l'Analyse du Cycle de Vie requièrent, comme nous l'avons vu précédemment, des données quantitatives. L'exemple développé dans le projet « AVEC » est simple (un aspirateur). On possède sur celui-ci d'importants retours d'expérience de l'ensemble des Parties Prenantes et des connaissances étendues sur le produit. Il est donc relativement aisé pour les Parties Prenantes de formaliser une analyse fonctionnelle. Quid d'un produit qui serait nouveau et / ou pour lequel il n'y aurait pas de retours d'expérience / connaissances mises à disposition ? Comment s'assurer que les hypothèses prises soient raisonnables et compréhensibles par les Parties Prenantes du projet ?

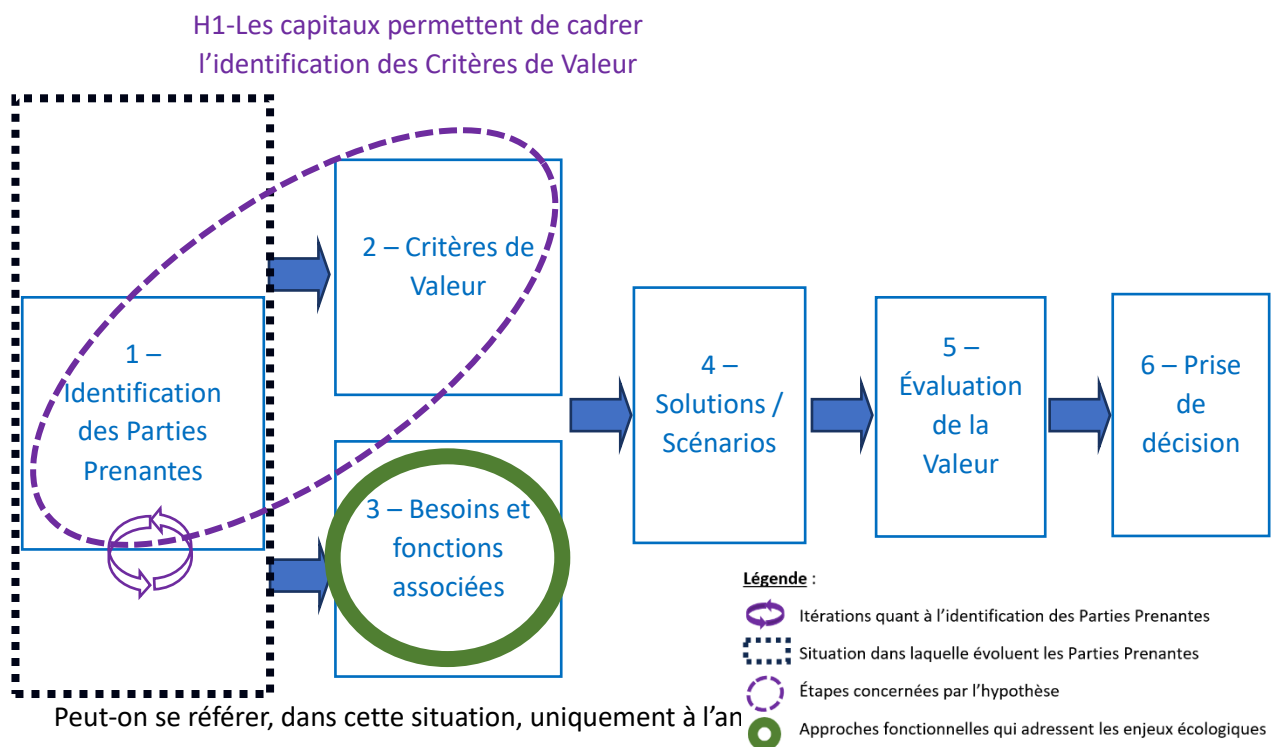


Figure 12 : prise en compte des enjeux de soutenabilité dans les approches proposées dans la littérature, en lien avec l'Analyse de la Valeur basée sur une approche fonctionnelle

La dimension fonctionnelle utilisée comme levier (unité fonctionnelle en ACV et Analyse Fonctionnelle en Analyse de la Valeur) attire l'attention sur le fait qu'il s'agit, à chaque fois,

d'une vision utilitariste du produit. En effet, la mise sous forme de fonctions des besoins écologiques exprimés suppose que l'écologie a une valeur d'usage et que les autres Critères de Valeur des Parties Prenantes sont moins importants. Cependant, cela est questionnable puisque c'est ce qui nous a amené à la situation écologique actuelle où le système Terre est utilisé pour faire du profit, comme le montre Bonneuil (Bonneuil 2015) : « on assiste aujourd'hui plutôt à l'intégration du système terre (...) comme un sous-système du système financier mondial ». Ainsi, intégrer les enjeux environnementaux dans une analyse fonctionnelle comme le préconisent (Cluzel et al. 2020; Rodriguez Moreno 2016; Rodriguez Moreno, Rohmer, and H. W. Ma 2015; Rodriguez Moreno, Rohmer, and H.-W. Ma 2015), c'est ne pas remettre en cause le paradigme dans lequel nous sommes aujourd'hui et qui a créé des problèmes socio-écologiques majeurs. Par exemple, se limiter à la dimension environnementale (via une approche fonctionnelle comme « limiter l'empreinte carbone ») revient à ne pas intégrer les sphères sociales et économiques (pleinement). On retrouve, dans ces démarches, une soutenabilité partielle. En effet, ces approches ne remettent pas en cause le modèle actuel. Elles adjoignent à la recherche de performance économique une performance environnementale (voir Figure 13). Or, l'intégration de ces Critères de Valeur, en dehors de l'analyse fonctionnelle viendrait remettre en question les méthodologies existantes voire ce paradigme dominant tout en permettant l'intégration de l'ensemble des Parties Prenantes et des différentes dimensions de la soutenabilité comme cela a été décrit dans la Figure 7.

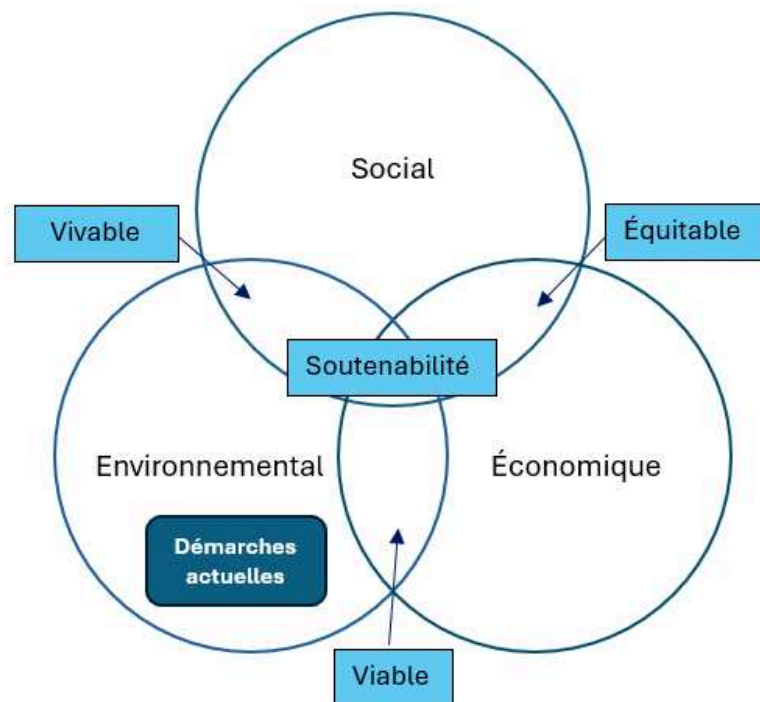


Figure 13 : les démarches actuelles d'intégration des enjeux environnementaux par l'analyse fonctionnelle ne répondent que partiellement à la problématique d'intégration des enjeux de soutenabilité.

Si dans cette approche, les dimensions techniques et économiques sont intégrées par l'Analyse de la Valeur et que les dimensions écologiques le sont, partiellement, grâce à l'ACV, la dimension sociale ne semble, quant à elle, pas intégrée. (Visentin et al. 2020) montrent que le contexte dans lequel se déroule le projet de conception est un facteur clé pour pouvoir intégrer des dimensions comme le social. Les acteurs d'un projet doivent être intégrés dans la conception des indicateurs afin qu'ils puissent, à travers un groupe de travail par exemple, converger. C'est ce que confirment (Messmann et al. 2020), qui effectue une analyse documentaire des

indicateurs d'impact sociaux pour la chaîne d'approvisionnement. En étudiant 91 articles, ils montrent qu'en fonction des objectifs d'optimisation poursuivis, les indicateurs permettant de mesurer un même impact peuvent être différents. Ils recommandent la création d'indicateurs quantitatifs, afin d'expliquer les impacts, qui s'appuient sur un groupe de travail. Ce groupe de travail utilise les supports de référence les plus utilisés, tels que la Global Reporting Initiative (GRI) ou la Norme internationale d'orientation sur la responsabilité sociétale (ISO/CD 26000 2010).

Si les Parties Prenantes doivent être en mesure de mobiliser les Critères de Valeur pour l'introduction des enjeux de soutenabilité dans les projets, alors, l'ensemble des approches détaillées ci-dessus est insuffisant. En effet, ces démarches n'adoptent qu'un point de vue partiel des problématiques de soutenabilité, en abordant cette soutenabilité uniquement sous l'angle écologique. En outre, elles abordent ces problématiques avec un point de vue très technique (réponse technique à la fonction d'un produit) et n'aborde pas le lien avec les autres dimensions, la dimension sociale par exemple.

Enfin, et c'est ce qui est le plus important, la problématique centrale de ces approches est qu'elles ne prennent pas en compte le caractère limitant de l'environnement (finitude des ressources, impacts admissibles maximaux...). L'enjeu est donc de proposer une approche qui puisse être mobilisée par l'ensemble des Parties Prenantes, qui adresse cette problématique de limite planétaire tout en faisant le lien avec les autres dimensions. Pour cela, on étudiera en particulier un modèle qui se distingue par sa vision holistique et intégrant la notion de limite (inférieure et supérieure) sur les dimensions sociales et environnementales, la mise en relation d'indicateurs avec le concept de soutenabilité comme illustré par la Figure 7. Il s'agit d'un modèle basé sur la définition des limites planétaires et qui cherche à définir un espace juste et sûr pour l'humanité. Cet espace est défini par un ensemble d'indicateurs écologiques auxquels sont associés des valeurs plafond (limites planétaires) et des indicateurs sociaux (auxquels sont associés des valeurs « plancher »).

2.3. Le plancher et le plafond de l'espace juste et sûr comme indicateurs de soutenabilité

L'espace juste et sûr pour l'humanité défini par des seuils plafond et plancher sur des indicateurs sociaux et environnementaux prend la forme d'un Doughnut. Il donne une image synthétique des enjeux sociaux et écologiques (d'où le terme « Donut » ou de « Doughnut »). La question à laquelle répond (Raworth 2012), en proposant cette représentation est : quels sont les indicateurs qui existent pour assurer la (sur)vie de l'être humain dans un monde juste et sûr ? Ils mènent à se concentrer sur l'intégration des besoins fondamentaux de l'humanité et des limites planétaires, comme le décrit (Raworth 2012, 2017).

En effet, le "Doughnut" de Kate Raworth fait référence à un modèle économique alternatif connu sous le nom de "Doughnut Economics" (Raworth 2012). L'économiste y repense l'économie de manière à la rendre soutenable. Le modèle Doughnut repose sur l'idée que l'économie doit évoluer en tenant compte de deux contraintes :

1. Les limites planétaires : elles représentent les limites environnementales au-delà desquelles les activités humaines causent des dommages irréversibles à la planète. Elles comprennent des éléments tels que le changement climatique, la perte de biodiversité, la pollution de l'air et de l'eau, la surexploitation des ressources naturelles, etc.
2. Les besoins humains fondamentaux : elles comprennent l'accès à la nourriture, à l'eau potable, à l'éducation, aux soins de santé, à un logement décent, à des conditions de

applicabilité. Les limites planétaires sont, par définition, globales, à l'échelle du système Terre. Cependant, dans la vie quotidienne, nous pensons souvent à des échelles plus petites, comme l'échelle territoriale d'un pays ou d'une ville, par exemple. Dans ce cas, les indicateurs doivent être adaptés. Cela soulève des questions sur la pertinence de ces indicateurs globaux, qui peuvent se réduire à des facteurs comme la population (voir (O'Neill et al. 2018) pour une application à l'échelle d'un pays et (Doughnut Economics Action Lab 2020) pour une application à l'échelle d'une ville, ou (Parsonsová 2021) pour des méthodes et des indicateurs à l'échelle nationale.

- Le même problème se pose au niveau des entreprises. En effet, (Clift et al. 2017) identifient quatre éléments de recherche clés pour l'application des limites planétaires dans la prise de décision des entreprises. Les points abordés sont notamment la question des échelles : le global et le local ne sont pas toujours pertinents (par exemple, si on s'intéresse à la biodiversité : l'activité d'un industriel n'a pas le même impact qu'elle soit effectuée dans une zone humide avec des espèces protégées ou ailleurs : ne parler que de biodiversité au niveau de l'entreprise n'a pas de sens si dans une zone précise, les activités de ladite entreprise tuent des espèces endémiques). En effet, comme le décrit (University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership 2019), la réduction des limites planétaires à des échelles territoriales est très complexe.
- La conception des produits/systèmes tout en restant dans ces limites planétaires est un enjeu aujourd'hui. En effet, les travaux autour de l'intégration des limites planétaires ont commencé à prendre de l'ampleur à partir des années 2015 avec les travaux de chercheurs de DTU (« Technical University of Denmark ») comme (Hauschild, 2015). Ces travaux posent la question de la suffisance des méthodes existantes, sur une planète aux ressources finies, comme nous l'avons évoqué auparavant avec l'ACV. Ainsi, des références comme (Chandrakumar & McLaren, 2018; Hauschild, 2015; Hauschild et al., 2020; Moshrefi et al., 2019) permettent de mettre en avant le besoin de fixer des indicateurs à atteindre qui soient dans les limites planétaires. Aujourd'hui, un centre de recherche (« Centre for Absolute Sustainability ») a été ouvert et est dédié à cette thématique de recherche. Il existe un engouement pour le sujet (nous sommes passés de 5 articles référencés sur ScienceDirect avec le mot clé "absolute sustainability" dans l'ensemble des termes pour des articles et journaux en 2015 pour passer à 41 résultats en 2023). Parmi les travaux les plus récents, notons qu'il est cherché désormais à déterminer des objectifs dans un domaine particulier (comme (Bullen et al., 2021) qui propose d'adresser les objectifs climatiques dans la construction de bureaux en Nouvelle-Zélande ou encore (Weise et al., 2024) qui fait une étude de cas des plastiques) ou à proposer des cadres permettant de déterminer ces objectifs (comme (Ryberg et al., 2020) qui fait une revue de littérature pour montrer comment se fait la recherche d'indicateurs ; ou encore (Lavis et al., 2024) qui adresse les enjeux de la mobilité électrique dans les limites planétaires au travers de la batterie). Ainsi, l'intégration de la dimension sociale reste faible même si (Gebler et al., 2022) tente de mettre en avant, à travers sa revue de littérature les « impacts positifs » que peuvent avoir les systèmes sociotechniques conçus dans le cadre des limites planétaires.

Même si l'ensemble de ces travaux sont d'intérêt puisqu'ils adressent la finitude des ressources, il n'en reste pas moins que comme dans la méthode d'Analyse du Cycle de Vie telle qu'elle est pratiquée, la dimension sociale est limitée dans sa mise en œuvre pratique. Les seuils sociaux se basent toujours sur des études des Nations Unies. Il est alors possible de faire le parallèle avec les travaux de recherche de (Bratec, 2020), qui montrent en quoi la variabilité géographique vient influencer la conception dans une optique de soutenabilité. Ainsi, si les indicateurs d'ACV doivent être adaptés à une situation spécifique, les indicateurs sociaux

également. Le Doughnut doit permettre d'intégrer à la fois les limites planétaires et les seuils sociaux, bien que sa mise en pratique de cette adaptation spécifique reste difficile.

2.4. Conclusion du chapitre 2

Bien que la littérature regorge d'indicateurs de soutenabilité, l'identification, la caractérisation et / ou la mesure de ceux-ci n'est pas aisée pour des Parties Prenantes. La difficulté à lever est principalement de disposer d'une vision holistique de la soutenabilité pour intégrer le contexte local et global. Pour cela, cette thèse propose d'utiliser dans un premier temps les capitaux pour discuter des enjeux autour du projet et pour comprendre la situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes puis le Doughnut (Raworth 2012) comme support d'évaluation, collectif, des Critères de Valeur socio-environnementaux.

Cette hypothèse repose sur plusieurs constats concernant le Doughnut : il permet d'offrir une représentation holistique des enjeux sociaux et écologiques qui peut être comprise par tout le monde. Les questions de soutenabilité faible et forte peuvent alors se poser, suivant l'approche souhaitée dans le projet : le Doughnut permet de mettre en lumière les dimensions sociales et écologiques et la stratégie mise en place sur les éventuels compromis semble ainsi facilitée. Cette thèse porte sur les projets de conception. Nous faisons l'hypothèse que les indicateurs socio-écologiques du Doughnut peuvent permettre de cadrer les Parties Prenantes et ainsi introduire ces enjeux. Autrement dit, les indicateurs du Doughnut peuvent supporter l'identification et la caractérisation des Critères de Valeur dans un projet de conception cadré par une Analyse de la Valeur. Il reste alors à travailler autour de l'intégration des Parties Prenantes pour qu'elles aient une représentation commune de ces Critères de Valeur. L'utilisation actuelle du Doughnut n'est développée et éprouvée qu'à une échelle globale, celle du système Terre. Les applications sur des territoires plus restreints (régions/villes) restent problématiques et demandent une adaptation (la ville d'Amsterdam a dû faire de nombreuses modifications du cadre initial).

À condition de cette adaptation, nous faisons dans cette thèse l'hypothèse que le Doughnut peut être utilisé comme support d'évaluation des Critères de Valeur socio-environnementaux à l'échelle de chaque Partie Prenante, quels que soit son domaine et son niveau d'expertise (hypothèse notée « H2 » sur la Figure 15). Nous supposons que les échanges dans le groupe et la dimension holistique du Doughnut permettent de définir les dimensions et indicateurs à considérer dans le projet de conception. C'est par ce choix que nous défendons la proposition d'une approche située de la définition des Critères de Valeur soutenables.

Sur la base de cette hypothèse, nous proposons dans le chapitre suivant une démarche d'Analyse de la Valeur intégrant des Critères de Valeur soutenables mobilisables à l'échelle des Parties Prenantes tout comme à l'échelle collective du projet de conception.

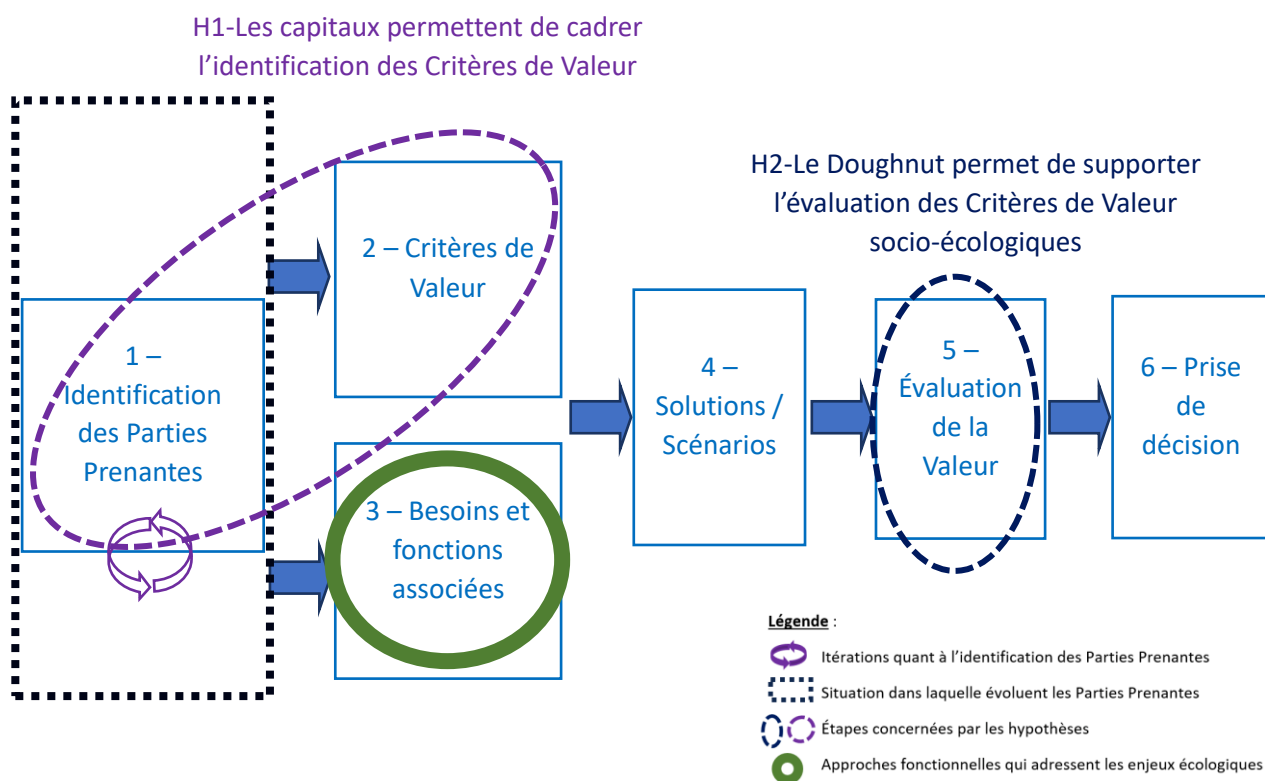


Figure 15 : Proposition d'évaluer la valeur des solutions du projet en se basant sur le Doughnut, basée sur l'hypothèse que le Doughnut permet cadrer les Critères de Valeur socio-écologiques

Ce chapitre 2 a permis de montrer qu'il existe une multitude d'indicateurs pour concevoir des produits ainsi que des méthodes pour les choisir. L'Analyse du Cycle de Vie reste la méthode la plus utilisée dans l'industrie par le REX disponible mais aussi parce qu'elle permet d'avoir une vision élargie avec des indicateurs qui sont liés bien que limités aux dimensions environnementales.

Néanmoins, toutes ces démarches ne prennent pas en compte le caractère limitant de l'environnement (finitude des ressources, impacts admissibles maximaux...) et c'est pourquoi le Doughnut semble être intéressant pour caractériser des Critères de Valeur soutenable. Nous verrons dans le chapitre suivant comment caractériser ceux-ci à l'échelle de chacune des Parties Prenantes, mais aussi du projet.

Chapitre 3. Des Critères de Valeur soutenables de chaque Partie Prenante à la valeur soutenable du projet

Dans le chapitre 1, l'importance de l'intégration des Parties Prenantes dans le processus de conception est présentée. Les Critères de Valeur déterminés par les Parties Prenantes sont situés. Il existe cependant un manque de cadrage dans un contexte de soutenabilité. Dans le chapitre 2, un état de l'art a permis de mettre en évidence une multitude de méthodologies qui permettent d'identifier des critères pour mesurer la soutenabilité par la compréhension de la situation de chacune des Parties Prenantes du projet. Cependant, les Critères de Valeur définis par les Parties Prenantes n'arrivent pas à appréhender la dimension holistique de la soutenabilité mise à part ceux du Doughnut. Il reste donc dans ce chapitre 3 à définir comment articuler cette notion de valeur (soutenable) perçue par les Parties Prenantes, qu'elle soit créée ou détruite, à l'échelle individuelle (celle de chaque Partie Prenante) et à l'échelle du groupe de travail (celle qui caractérise les objectifs collectifs du projet), c'est-à-dire au niveau du projet.

Pour aborder cette question d'articulation entre les différents niveaux de valeur, un état de l'art sur les méthodologies existantes capables de mesurer la valeur perçue par les Parties Prenantes dans un réseau de Parties Prenantes a été réalisé. Ce travail a été entrepris le 15/07/2020 sur ScienceDirect avec la recherche sur les mots clés « Stakeholder AND Value AND Network » dans l'ensemble des articles, sur une période allant de 2008 à 2020 dans les articles de recherche et les articles de revue ; dans le domaine de l'ingénierie. Il ressort de cet état de l'art 4 méthodologies : 1) le Value Stream Mapping, 2) le Value-Based System Engineering, 3) le Value-Based Software Engineering qui est une variante du Value-Based System Engineering, et enfin 4) le Stakeholder Value Network.

3.1. Analyse des méthodologies existantes pour mesurer la valeur d'un projet, basées sur les Parties Prenantes

La comparaison des quatre méthodologies identifiées cherche à savoir quelle est la plus adaptée pour articuler la valeur soutenable évaluée par chacune des Parties Prenantes et la valeur soutenable du projet.

3.1.1. Le Value Stream Mapping

L'objectif du Value Stream Mapping est de reconcevoir les systèmes de production afin d'optimiser un système, en modélisant les différentes chaînes de valeur d'après (Lasa, Laburu, and De Castro Vila 2008; Roh, Kunz, and Wegener 2019). Par exemple, une étude de cas menée avec un des leaders de la production de composants en plastiques (Lasa et al. 2008) met en évidence que le Value Stream Mapping est un outil permettant de mieux gérer les flux de production. Cette étude montre la mise en place du Value Stream Mapping à travers différentes phases : un état des lieux d'un processus à améliorer est d'abord sélectionné (dans ce cas une ligne de production d'un sous-ensemble) pour permettre les évolutions futures d'un produit qui va connaître une demande croissante dans les années qui suivent. Ensuite, une étude de l'aménagement de chaque sous-système de la ligne de production est décrite : lesquels sont communs à d'autres lignes de production où sont spécifiques ? Par exemple, dans cette étude, les neuf machines à injecter les plastiques sont capables de produire chacune des références différentes tandis que l'unité de peinture est commune avec la chaîne de production des plastiques dédiée au secteur automobile. Basé sur cet état de l'art, un plan d'actions est déterminé afin d'exécuter les changements. Les résultats montrent que le Value Stream Mapping fonctionne comme outil d'optimisation : l'application proposée pendant l'étude a été

utilisée et sa mise en œuvre est effective. Il reste cependant difficile de chiffrer les apports par rapport au temps ou aux ressources mises en œuvre.

Ainsi, l'optimisation faite via le Value Stream Mapping permet de comprendre quels sont les facteurs d'optimisation d'un processus. Elle ne permet donc pas de définir une valeur perçue par des Parties Prenantes, qu'elle soit individuelle ou collective. Par conséquent, cette méthodologie ne semble pas convenir pour atteindre l'objectif de notre étude.

3.1.2. Le Value-Based System Engineering

Le Value-Based System Engineering est une méthode qui a été théorisée afin de permettre de réunir les conditions nécessaires et suffisantes pour réaliser avec succès un système avec un process adapté selon (Boehm and Jain 2006b, 2006a). L'important est de déterminer les « Success-critical stakeholders », c'est-à-dire de favoriser la réponse aux besoins des Parties Prenantes ayant le plus d'impact sur le projet. La théorie se base sur de nombreuses théories (théorie de l'utilité, théorie de la dépendance, théorie de la décision et théorie du contrôle).

D'un point de vue opérationnel, l'expression de la Valeur est donnée par une expression complexe. En effet, le cas d'étude développé avec une entreprise de production de vélos par (Boehm and Jain 2006a) fait état d'une augmentation de la taille de marché, de la continuité dans la satisfaction des consommateurs à l'égard du produit malgré la concentration de l'entreprise sur quelques Parties Prenantes clés, de la continuité des ventes malgré une refonte du système de distribution de ces produits. D'un point de vue purement financier, le retour sur investissement donné par l'étude est positif dès la 4^e année pour une augmentation de la satisfaction client de près de 3 points (moyenne des scores de 0 à 5). Ainsi, la valeur mesurée de manière plus ou moins directe auprès des Parties Prenantes (la satisfaction est mesurée directement avec les clients tandis que l'augmentation de la taille du marché est un constat pour l'entreprise). Il semble cependant que de l'information soit perdue en résumant la Valeur à quelques indicateurs financiers (ventes, profits, ROI) et d'autres concernant uniquement le client (satisfaction, retard de livraison). En effet, se concentrer uniquement sur le client final et sa perception des choses peut amener à ne pas avoir la vision complète (et à ne pas comprendre) pourquoi ce client a une telle perception de la valeur. Ainsi, la méthodologie propose de s'intéresser à l'échelle individuelle d'une seule Partie Prenante afin d'en améliorer sa perception de valeur. Il ne semble alors pas possible d'évoquer une vision collective de la valeur perçue avec cette méthodologie. Or, cela semble être un point limitant pour intégrer les enjeux de Soutenabilité qui sont portés par les Parties Prenantes d'un projet comme nous l'avons vu dans le chapitre 1. Le Value-Based System Engineering semble ne répondre que partiellement aux enjeux adressés qui sont de caractériser la valeur perçue par les Parties Prenantes puisqu'elle se concentre, par définition, sur celle qui a le plus d'impact sur ledit projet.

Il faut néanmoins noter que le Value-Based System Engineering a évolué, pour passer d'un concept « généraliste » appliqué aux systèmes à un concept plus « spécialisé », appliqué aux logiciels très majoritairement, le Value-Based Software Engineering, développé dans la section suivante.

3.1.3. Value-Based Software Engineering

Le « Software Engineering » est une branche particulière du System Engineering (SE) et ses spécificités ont permis une intégration de certains paramètres particuliers, le domaine étant plus restreint : les Parties Prenantes clés sont identifiées plus facilement, et leurs exigences sont plus facilement explicitées, par exemple (beaucoup de retours d'expérience), et nous y retrouvons des patterns (Biffi et al. 2006; Boehm 2003). En effet, il existe de nombreuses similitudes entre le « Software Engineering » et le « System Engineering » : les objectifs sont

identiques (concevoir des systèmes toujours plus complexes tout en étant organisés de manière optimale). Il existe néanmoins des différences en termes d'organisation des activités : le « Software Engineering » se prête à des évolutions temporelles importantes. En effet, les logiciels doivent s'adapter à des évolutions rapides par rapport au « System Engineering » pour qui les fondements sont la fonctionnalité d'un système comme celui de transporter des personnes d'un point A à un point B par exemple. Malgré ces différences temporelles, l'enjeu principal réside dans la compréhension du besoin des Parties Prenantes dans les deux cas.

Ainsi, le Value-Based Software Engineering est une application de la théorie du Value-Based System Engineering, dans le domaine de l'informatique si on se réfère à (Boehm 2003; Boehm and Jain 2007; Pyster et al. 2015). Par conséquent, le Value-Based Software Engineering possède les mêmes caractéristiques que le Value-Based System Engineering (à savoir caractériser la valeur perçue (via des questionnaires / interviews) par la Partie Prenante la plus importante dans un projet), ce qui ne permet de répondre que très partiellement aux enjeux de départ (comment articuler la notion de valeur (soutenable) perçue par les Parties Prenantes, qu'elle soit créée ou détruite, à l'échelle individuelle (celle de chaque Partie Prenante) et à l'échelle du groupe de travail (celle qui caractérise les objectifs collectifs du projet), c'est-à-dire au niveau du projet).

3.1.4. Le Stakeholder Value Network

Le Stakeholder Value Network, initialement développé au MIT (Cameron 2007; Sutherland 2009), permet de caractériser la valeur des parties prenantes dans un réseau d'acteurs. Il s'agit, selon (Feng et al. 2012), d'un réseau multi-relationnel composé d'une organisation, des parties prenantes de l'organisation, et des échanges de valeurs tangibles et intangibles entre l'organisation et ses parties prenantes, ainsi qu'entre les parties prenantes elles-mêmes. L'organisation peut être une entreprise, un projet au sein d'une entreprise, une agence gouvernementale ou non gouvernementale (ONG), ou tout autre type d'organisation. Il convient de noter que la méthodologie utilisée se concentre sur « un cadre commun [qui] est nécessaire pour analyser simultanément les relations sociales (c'est-à-dire les flux de valeur politique et d'information) et économiques (c'est-à-dire les flux de valeur des biens/services et financiers) entre les Parties Prenantes », toujours selon (Feng et al. 2012). Ce cadre commun correspond au système d'intérêt de l'étude (ce à quoi on s'intéresse). Ainsi, le Stakeholder Value Network permet de mesurer une valeur d'utilité d'une Partie Prenantes, qui dépend des autres Parties Prenantes, et qui est mesurée par un questionnaire. Ainsi, on peut construire comme dans l'exemple représenté dans la Figure 16, différents liens (représentés ci-dessous par des flèches orientées), qui sont la Valeur perçue par les Parties Prenantes. Dans la Figure 16, il a été choisi de représenter les différents liens avec des couleurs afin de distinguer différentes dimensions d'intérêt pour le projet (rouge pour le domaine politique par exemple). Les Parties Prenantes (les « rectangles ») sont identifiés en amont (par le chef de projet) mais peuvent aussi évoluer au cours du projet (ajout de Parties Prenantes oubliées par exemple).

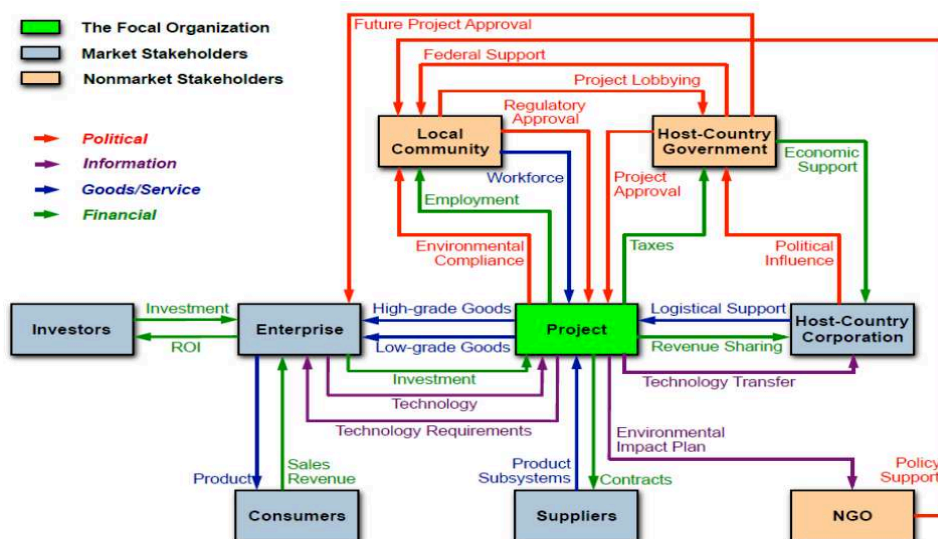


Figure 16 : Exemple de SVN sous une forme graphique, issu de (Feng et al. 2012).

Le Stakeholder Value Network a des applications décrites dans la littérature. Il peut s'agir de gestion de projets d'infrastructures : dans un système de transport de bus afin d'optimiser la qualité du réseau de transport (Pereira, Santos Senna, and Lindau 2018). Il peut également être utilisé pour évaluer l'écart entre une stratégie et son opérationnalisation dans une étude de cas sur la ville intelligente (Sioen et al. 2019), ou encore pour déterminer le pouvoir d'une Partie Prenante dans le cas de symbioses industrielles (Hein et al. 2017).

Pour illustrer l'utilisation du Stakeholder Value Network, on se base sur cette dernière étude. La recherche des Parties Prenantes ayant le plus de pouvoir, c'est-à-dire d'influence, permet de déterminer celles qui sont des leviers pour que la symbiose industrielle fonctionne. Pour chacune des Parties Prenantes, un entretien semi-directif permet de comprendre quels sont les besoins et les objectifs de chacune d'entre-elles, en quoi les autres Parties Prenantes contribuent à l'atteinte de ses objectifs et les ressources qui y sont associées ainsi que leur importance. En se basant sur les réponses obtenues on procède à une quantification des différents flux (Feng 2013). Cela permet de caractériser les flux et de s'en servir de base pour des discussions ou des calculs. Pour le modèle quantitatif, des valeurs d'utilité sont attribuées à chaque flux en se basant sur la théorie de l'utilité multi-attributs (l'utilité dans ce contexte signifie que « l'attribution d'un ensemble de nombres (mesures) à différentes entités permet de prédire que l'entité ayant le plus grand nombre (la mesure la plus importante) attribué sera choisi » (Alchian 1953)). Les échelles choisies scores d'urgence et de dépendance ci-dessous) ont été déterminées après discussions par (Cameron 2007; Feng 2013; Sutherland 2009), afin d'être traitées informatiquement pour automatiser leur caractérisation.

Les pondérations des différents flux de valeurs (individuels) sont basées sur une échelle d'urgence et d'importance issu de (Feng 2013), qui a dans cet exemple été adaptée à l'échange des ressources. Ainsi, le terme « urgence » (« urgency » en anglais) renvoie à la temporalité avec laquelle une Partie Prenante a besoin de recevoir une ressource qui lui est primordiale pour répondre à ses besoins. Le score d'urgence comporte cinq niveaux (échelle inchangée quelque soit le cas traité) comme le montre le Tableau 2 :

Score d'urgence	Niveau d'urgence
0,11	Le besoin doit être résolu dans les 4 années à partir de maintenant
0,22	Le besoin doit être résolu entre la 3e et la 4e année à partir de maintenant
0,33	Le besoin doit être résolu entre la 2de et la 3e année à partir de maintenant
0,66	Le besoin doit être résolu l'année prochaine
0,98	Le besoin doit être résolu dans l'année

Tableau 2 : Niveau d'urgence des besoins exprimés par les Parties Prenantes

Le score de dépendance dépend quant à lui de la Partie Prenante qui fournit une ressource. Plus la fourniture d'une ressource par une Partie Prenantes spécifique est importante (autrement dit plus la ressource est perçue comme dépendant d'une Partie Prenante), plus le score est élevé. (Hein et al. 2017) explique ce choix par le fait que selon la théorie de l'échange, « plus il existe d'alternatives pour une ressource, plus le pouvoir de l'acteur qui fournit la ressource est faible ». Cela donne un score de dépendance (échelle inchangée quel que soit le cas traité) tel qu'énuméré dans le Tableau 3 :

Score de dépendance	Niveau de dépendance
0,11	Pas important ; je n'ai pas besoin de cette source pour répondre aux besoins
0,22	Assez important ; il est acceptable que cette source réponde aux besoins
0,33	Important ; il est préférable que cette source réponde aux besoins
0,78	Très important ; il est hautement souhaitable que cette source réponde aux besoins
0,98	Extrêmement important ; il est essentiel que cette source réponde aux besoins

Tableau 3 : Niveau de dépendance des besoins exprimés par les Parties Prenantes

Ces deux échelles sont agrégées en accord avec la théorie de l'utilité multi-attributs (Hein et al. 2017) afin de déterminer un score à chacune des valeurs (Tableau 4), qui permet ainsi de mettre en évidence les principaux flux de valeur du projet (Figure 17) :

Dépendance\Urgence	0,11	0,22	0,33	0,66	0,98
0,98	0,11	0,22	0,32	0,65	0,96
0,78	0,09	0,17	0,26	0,51	0,76
0,33	0,04	0,07	0,11	0,22	0,32
0,22	0,02	0,05	0,07	0,15	0,22
0,11	0,01	0,02	0,04	0,07	0,11

Tableau 4 : Tableau d'agrégation d'après le SVN des niveaux d'urgence et de dépendance des besoins exprimés par les Parties Prenantes

	Plant owner	Plant operator	A	B	C	D	E	Industrial zone government	National environmental agency	Industry association	Local population
Plant owner		Exploitation contract (0.9604)						Money for leasing territory (0.2148)		Dividend (0.0726)	
Plant operator	Rent (0.6468), plant operation competency (0.7644)		Steam (0.9604), waste treatment (0.539)	Steam (0.539), waste treatment (0.539)	Steam (0.539), waste treatment (0.539)	Steam (0.539), waste treatment (0.539)	Steam (0.539), waste treatment (0.539)	Improved environmental performance (0.1089)	Improved environmental performance (0.0363)	Lower price waste treatment (0.539)	Employment (0.2178)
A		Money for waste treatment (0.363), Money for steam (0.5148), Waste as resource (0.3234)						Money for leasing territory (0.3234)		Capital (0.9604)	Employment (0.2574)
B		Money for waste treatment (0.363), Money for energy (0.363), Waste as resource (0.3234)						Money for leasing territory (0.3234)		Capital (0.9604)	Employment (0.2574)
C		Money for waste treatment (0.363), Money for energy (0.363), Waste as resource (0.3234)						Money for leasing territory (0.3234)			Employment (0.2574)
D		Money for energy (0.363)						Money for leasing territory (0.1078)		Capital (0.9604)	Employment (0.1089)
E		Money for energy (0.363)						Money for leasing territory (0.9604)			Employment (0.3234)
Industrial zone government	Lease territory for pipelines (0.9604)	Water (0.9604)							Improved environmental performance (0.1716)		Information on new projects (0.7644)
National environmental agency	Financing of pipelines (0.363)							Financing environmental projects (0.6468)			
Industry association	Capital (0.9604)		Dividend (0.0726)	Dividend (0.0726)		Dividend (0.0726)					
Local population								Votes (0.9604)			

Figure 17 : Matrice permettant de visualiser les différents « flux de valeur ». Les lignes représentent les résultats et les colonnes les apports aux parties prenantes. Les Parties Prenantes directes sont identifiées par les pointillés rouges. Illustration issue de (Hein et al. 2017)

Cette matrice permet de résumer les différents besoins des Parties Prenantes. En effet, (Hein et al. 2017) décrit par exemple que l'exploitant de l'usine paie le propriétaire de l'usine d'incinération (ligne 3, colonne 1). Pour cela, il crée des revenus par la vente de vapeur et l'incinération de déchets (ligne 3, colonnes 4 à 8 pour le point de vue du « plant operator » et lignes 4 à 6 de la colonne 3 pour avoir le point de vue des usines A, B et C). Une partie de la recette engendrée par la vente de vapeur est distribuée sous forme de dividendes aux actionnaires par le propriétaire (ligne 2, colonne 11). Les sociétés A, B et D sont des entreprises locales actionnaires de l'incinérateur : elles reçoivent des dividendes (ligne 11, colonnes 4, 5 et 7). Le propriétaire de l'usine paie quant à lui des taxes (territoire, réseau de chaleur...) comme on peut le voir ligne 2, colonne 9. L'exploitant fournit un service de traitement des déchets aux entreprises locales, ce qui améliore le service de traitement des déchets. L'exploitation de l'usine et de la vapeur permet au gouvernement d'améliorer les performances environnementales des entreprises locales et du territoire (ligne 3, colonnes 9 à 12), ce qui profite aussi à l'agence de l'environnement qui a subventionné le réseau de chaleur (ligne 10, colonne 2). Le propriétaire et l'exploitant ont un accord qui garantit l'exploitation de l'usine, ce qui est une garantie pour l'exploitant (ligne 2, colonne 3).

À ce stade, on a une cartographie des différentes Parties Prenantes et de leurs besoins caractérisés suivant l'utilité et la dépendance à une Partie Prenante spécifique (matrice de la Figure 17). À partir de cette cartographie, il est possible d'anticiper l'influence que peut avoir chacune des Parties Prenantes dans ce réseau de valeur. Ainsi, le projet sera potentiellement conduit par les Parties Prenantes exerçant une influence plus importante que les autres et le projet évoluera, guidé par ces influences.

Pour connaître l'influence des Parties Prenantes, le Stakeholder Value Network utilise un système de pondération des boucles de valeur. Ces boucles sont calculées sur la base des notations des besoins des Parties Prenantes (cf Tableau 4). D'après (Hein et al. 2017), les flux de valeur ne commencent et ne finissent qu'une seule fois chez un acteur spécifique à l'intérieur d'une boucle. La valeur de chaque boucle étant calculée par la multiplication des flux de valeur et ceux-ci étant compris entre 0 et 1, cette méthodologie pénalise les longues trajectoires.

Les différentes boucles décrites sont interprétées comme l'influence d'une Partie Prenante par rapport à une organisation d'intérêt (ici l'incinérateur). Pour (Feng 2013), « plus le chemin de valeur est long, plus il est difficile d'exercer une influence sur une partie prenante, car cela nécessite une coordination complexe de toutes les parties prenantes dans le chemin de valeur ». En effet, il semble plus facile à un ingénieur mécanique d'influencer le choix des matériaux pour le tableau de bord d'un avion, plutôt qu'à un technicien sur la chaîne de montage.

La Figure 18 illustre un réseau de valeur simple tel que défini par (Hein et al. 2017) : prenons la boucle de longueur 2 formée entre la Partie Prenante 1 et la Partie Prenante 2 par la boucle (a,b). En supposant que « la valeur de dépendance pour a soit de 0,11 et pour b de 0,32. Pour calculer la pondération du chemin de valeur (a, b), il suffit de multiplier 0,11 par 0,32, ce qui donne 0,035 ».

Pour une boucle de longueur 3 (a, c, d) avec des pondérations respectives de 0,11, 0,32 et 0,32, « il est clair que les chemins de valeur plus longs ont tendance à donner des pondérations plus faibles » d'après (Hein et al. 2017). Ainsi, il existe dans cet exemple 2 boucles de longueur différente : (a,b) de longueur 2 et de pondération 0,035 et (a,c,d) de longueur 3 et de pondération 0,01.

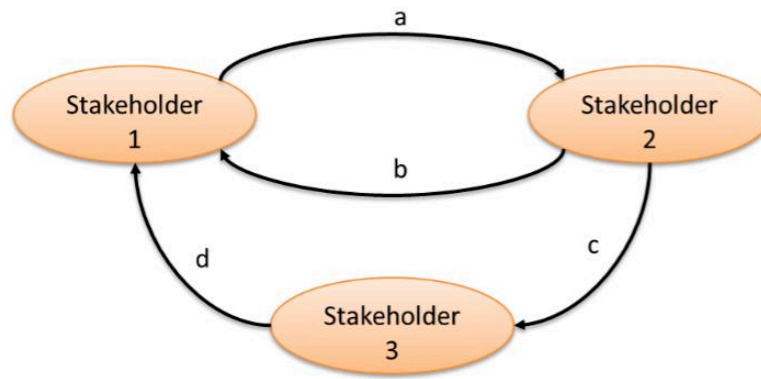


Figure 18 : une boucle de valeur simple d'après (Hein et al. 2017)

Dans son application (Hein et al. 2017), propose de rechercher les Parties Prenantes ayant le plus de pouvoir grâce à l'algorithme de Johnson qui consiste à déterminer le chemin le plus court dans un graphique où les chemins sont pondérés (calculs de la pondération effectués comme dans l'exemple de la figure ci-dessus, par multiplication des différents « flux de valeur »). Ainsi, la Partie Prenante ayant la valeur la plus élevée, c'est-à-dire ayant (généralement) le nombre de boucles le plus faible, aura la pondération et sera la Partie Prenante la plus importante.

Si on revient à notre exemple de la symbiose industrielle développée par (Hein et al. 2017), le pouvoir relatif de chacune des Parties Prenantes est décrit dans la Figure 19. L'exemple développé s'intéresse au système d'incinération. Il est représenté par une Partie Prenante nommée « incineration plant operator ». Il s'agit du système sur lequel on focalise cette étude (c'est donc, sans surprise, cette Partie Prenante qui est la plus importante).

La Figure 19 permet de représenter les différentiels de pouvoir que les Parties Prenantes peuvent exercer. Pour cela, on détermine la valeur de chacune de ces Parties Prenantes en intégrant l'ensemble des boucles pour des chemins de longueur 2, 3, 4, ... 7. Intégrer les boucles de longueur 3 signifie que l'on prend en compte dans le calcul l'ensemble des boucles constituées de maximum 3 flux de valeur. Selon l'exemple, en considérant les boucles de longueur 2, on peut voir que la partie prenante la plus importante est l'usine A. Cela s'explique par l'utilisation directe de la vapeur par l'usine A pour ses processus. On peut remarquer qu'en prenant en compte des chemins plus longs, c'est alors le propriétaire qui gagne de l'importance : c'est lui qui a le plus de pouvoir sur l'incinérateur. Cela s'explique par le fait qu'il a peu d'influence directe sur le propriétaire de l'usine mais possède beaucoup de moyens détournés pour cela.

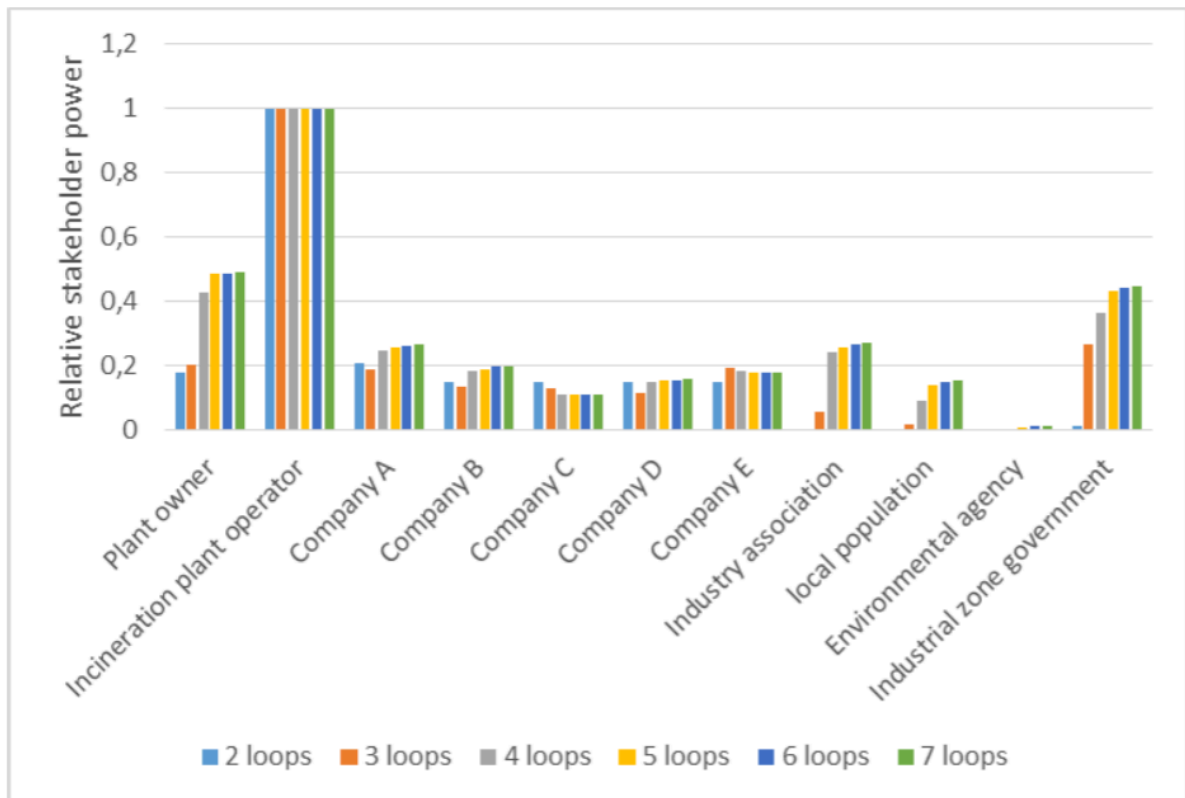


Figure 19 : Importance des Parties Prenantes suivant le nombre de boucles prises en compte, d'après les travaux de (Hein et al. 2017)

Ces résultats permettent de montrer que le propriétaire de l'usine a le pouvoir le plus élevé si on se focalise sur le système d'incinération. Ensuite, c'est le gouvernement : son influence augmente avec des boucles plus longues. Cela signifie qu'il a peu de pouvoir direct sur le propriétaire de l'usine mais possède beaucoup de moyens détournés pour cela. (Hein et al. 2017) relève que la population locale, « a une importance similaire ou supérieure à celle des entreprises C et E pour les chemins de valeur les plus longs ». Cela souligne l'importance de cette population et qu'il faille leur implication dans les prises de décision.

Les auteurs de cette étude concluent sur l'importance d'identifier les différents « flux de valeur », directe ou indirecte, sur chacune des Parties Prenantes. Il s'agit d'une clé de compréhension de la situation dans laquelle se trouve la symbiose étudiée. On retrouve dans cette étude le caractère situé des Parties Prenantes et de ce qui a pour elle de la valeur : il s'agit ici des « flux de valeur ».

Le Stakeholder Value Network permet de comprendre la perception individuelle de la valeur (par rapport à un système étudié) en relation avec les autres Parties Prenantes et de leur influence, et de faire une cartographie de la situation. La connaissance de l'influence des différentes Parties Prenantes dans le projet permet d'introduire la possibilité de faire évoluer le projet dans le sens où cette influence va pousser le projet dans certaines directions. Les résultats sont obtenus de manière mathématique : il ne semble pas y avoir d'échanges directs entre les différentes Parties Prenantes et c'est pourquoi la compréhension de la situation, en amont, semble importante pour avoir des résultats qui soient représentatifs.

3.1.5. Conclusion quant aux méthodologies existantes pour mesurer la valeur d'un projet, basées sur les Parties Prenantes

Au travers de cette première section du chapitre 3, nous avons pu nous rendre compte qu'il existe quatre méthodologies, dans la littérature, qui traitent de la mesure de la valeur perçue par des Parties Prenantes. Cependant, le Stakeholder Value Network semble être la seule méthode capable de mesurer une valeur individuelle dans un réseau de Parties Prenantes, de pouvoir gérer ces différentes perceptions de la valeur et de proposer une cartographie de l'ensemble du réseau de valeur. En cartographiant ces différentes perceptions de la valeur, le Stakeholder Value Network semble permettre de proposer un support pour la collaboration entre les différentes Parties Prenantes (même si l'étude développée en exemple ne traite pas de la dimension « collaborative »). On a ainsi non pas une valeur à l'échelle du projet mais une représentation de la valeur telle qu'elle est partagée entre les différentes Parties Prenantes. Notre hypothèse est que ce support peut, aider les Parties Prenantes à converger vers une valeur de manière collaborative au travers d'échanges.

La première section du chapitre 2 a permis de faire l'hypothèse que les capitaux permettent d'identifier et de cadrer les Critères de Valeur individuels. Le Stakeholder Value Network permet alors de cartographier et de caractériser les Critères de Valeur et permet aux Parties Prenantes d'échanger, de se comprendre et de converger. Il permet, de surcroît, de connaître les liens d'influences entre les Parties Prenantes du projet et donc de potentiellement anticiper les évolutions des Critères de Valeur tout au long du projet. Il permet alors d'identifier les Parties Prenantes clés pour l'intégration de valeur particulière comme la soutenabilité. Il ne reste alors plus qu'à déterminer les différentes solutions qui répondent au projet (analyse fonctionnelle classique) afin de les évaluer grâce aux indicateurs issus du Doughnut. La mise en œuvre du Stakeholder Value Network telle que proposée dans ce contexte est détaillée dans la section suivante.

3.2. Proposition : adaptation du Stakeholder Value Network comme outil de caractérisation et de mesure de Critères de Valeur

Une adaptation du Stakeholder Value Network présentée dans ce paragraphe est une proposition. L'objectif de l'utilisation du Stakeholder Value Network dans cette thèse est de fournir un outil pour caractériser et mesurer les différents Critères de Valeur individuels et d'aider à la structuration collaborative de la caractérisation de la valeur des Parties Prenantes tout en anticipant les éventuelles influences de certaines d'entre elles.

3.2.1. Adaptation du Stakeholder Value Network à une entrée par les capitaux et calcul des Critères de Valeur

Les données d'entrée du Stakeholder Value Network sont les Critères de Valeur issus de l'étude des capitaux. En effet, nous avons vu dans le chapitre 2, section 2.1 que les capitaux permettent aux Parties Prenantes de comprendre les autres Parties Prenantes et les enjeux du projet par des échanges. Il s'agit maintenant de caractériser ces différents Critères de Valeur obtenus de manière peu précise jusqu'alors. Pour cela, chacune des Parties Prenantes est interrogée par un questionnaire concernant « l'intensité » ressentie de répondre à un Critère de Valeur (c'est-à-dire l'importance qu'à ce Critère de Valeur pour une Partie Prenante) d'une part et « l'importance de la source » qui y répond (c'est-à-dire l'importance qu'à une Partie Prenante particulière pour répondre à ce Critère de Valeur) d'autre part. Ensuite, les résultats sont agrégés afin d'obtenir un Critère de Valeur unique (comme dans le Stakeholder Value Network présenté dans la section précédente).

Si on reprend l'exemple précédent (cf ligne « plant operator » par rapport à « local population » de la Figure 17), la population locale attend d'avoir sur son territoire des emplois. Il s'agit, d'après une approche par les capitaux (Fustec et al. 2011; Verrier et al. 2019), d'un capital sociétal (emploi). Ce besoin d'un capital sociétal décrit lors de la phase d'identification des capitaux (2.1) est une donnée d'entrée pour les discussions avec le groupe de travail et le Critère de Valeur envisagé est « emploi local ». Pour donner suite aux discussions du groupe de travail, la Partie Prenante qui représente la population locale définit la caractérisation des Critères de Valeur comme ayant « Le besoin doit être satisfait l'année prochaine », c'est-à-dire une note de 0.66 pour le niveau d'urgence ; et « Important ; il est préférable que cette source réponde aux besoins », c'est-à-dire une note de 0.33 pour la dépendance à la Partie Prenante. La note agrégée est donc de 0.2178 pour ce Critère de Valeur comme en rend compte la Figure 19.

Ce travail est effectué pour chacun des Critères de Valeur. La cartographie que l'on retrouve dans la Figure 17 permet alors d'avoir une visualisation des Critères de Valeur mais on va également chercher à caractériser l'influence des Parties Prenantes pour connaître les potentielles évolutions de la Valeur du projet (ce qui permettra d'avantager certains Critères de Valeur, par exemple en vue d'y intégrer les enjeux de soutenabilité).

3.2.2. Calcul d'influence des Parties Prenantes pour intégrer les évolutions de Valeur

Le Stakeholder Value Network permet d'introduire la notion d'influence des Parties Prenantes. En effet, on retrouve dans la méthodologie cet aspect qui peut permettre d'orienter le projet en termes de valeur (soutenable). Cela représente donc un intérêt supplémentaire.

Dans l'exemple de Stakeholder Value Network décrit auparavant, la mesure de l'influence des Parties Prenantes décrite par (Hein et al. 2017) passe par la caractérisation de différents chemins (nommés « flux de valeur ») qui relient les Parties Prenantes par rapport à l'intensité d'un besoin et de l'importance de la Partie Prenante qui y répond. L'étude des boucles de valeur telle que proposée dans le Stakeholder Value Network par (Feng 2013; Feng et al. 2010; Hein et al. 2017) pose quelques questionnements notamment sur l'impact du nombre de boucles prises en compte dans le calcul de la valeur. En effet, on voit que celui-ci influence les résultats (avec des boucles de longueur 2, on a dans l'ordre d'influence l'entreprise A, puis le propriétaire alors qu'avec des boucles de longueur 3 cela s'inverse). Ainsi, en ne prenant qu'un nombre limité de boucles, la situation réelle ne peut être représentée fidèlement.

Notre adaptation du Stakeholder Value Network nous amène à proposer une méthode qui permette la recherche de l'influence d'une Partie Prenante qui ne dépende pas du nombre de boucles prises en compte (cf Figure 20). Ainsi, dans cette thèse, nous proposons d'étudier l'influence par une méthode de comptabilisation d'une valeur émise et d'une valeur reçue par chacune des Parties Prenantes. Cette méthode se base sur le principe « plus les autres Parties Prenantes ont des Critères de Valeur dépendants d'une Partie Prenante, plus cette Partie Prenante est influente ».

Par exemple, en admettant que la Figure 17 comporte des Critères de Valeur, on pourrait prendre comme valeur attendue de la population locale la valeur moyenne de chacun des Critères de Valeur qu'elle a émise, autrement dit $((0.2178+3*0.2574+0.1089+0.3234+0.7644)/7) = 0.3124$.

Si on fait ce même travail sur l'ensemble des Critères de Valeur, on obtient alors un calcul de l'influence des diverses Parties Prenantes qui est représenté dans la Figure 20 :

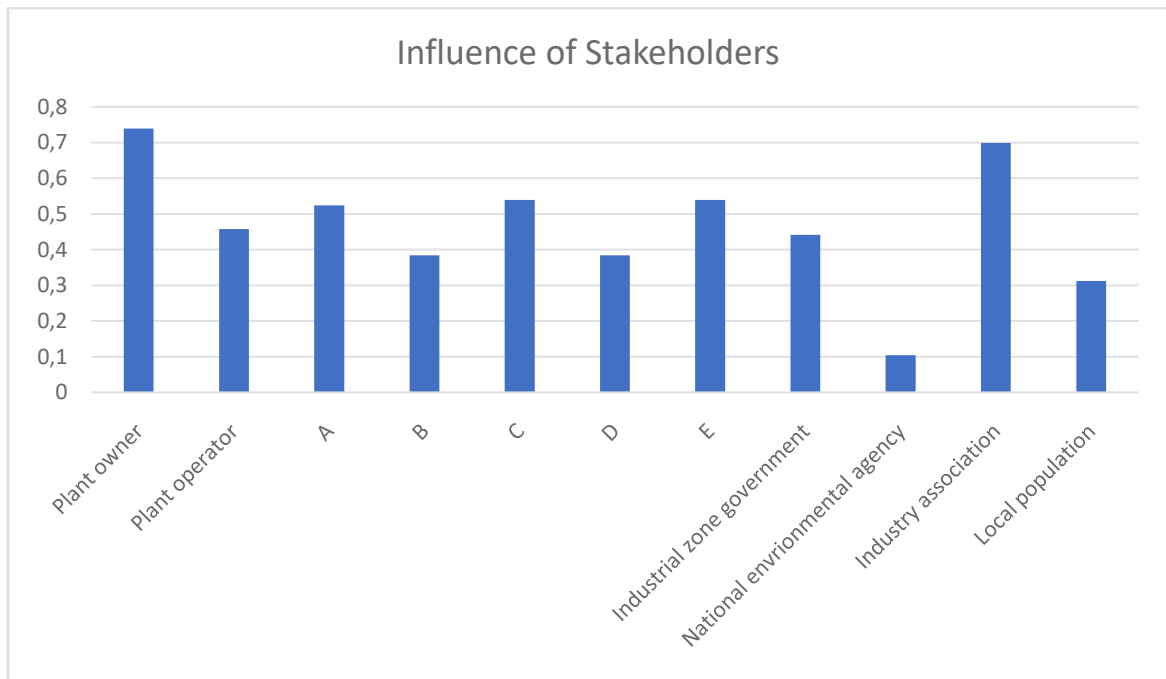


Figure 20 : L'influence des Parties Prenantes avec notre méthodologie

Si on compare ces résultats aux résultats obtenus par (Hein et al. 2017), on retrouve le propriétaire qui est la personne la plus influente du projet. Contrairement à cette étude, en revanche, on retrouve le gouvernement non pas à la seconde place mais à la sixième. Ce classement peut s'expliquer par la distance existante entre le produit (incinérateur) et le gouvernement : il n'a qu'un intérêt secondaire quant à l'incinérateur puisque ce qu'il recherche c'est plutôt de développer son territoire. On retrouve ce phénomène dans l'étude de (Hein et al. 2017) puisqu'avec l'augmentation du nombre de boucles de valeur prises en compte augmente, ce dernier gagne en influence. Par cette comparaison, nous mettons en avant que les différents calculs de l'importance d'une Partie Prenante, basée sur le Stakeholder Value Network, peuvent être débattus. En effet, la méthode présentée dépend du nombre de boucles considérées, ce qui ouvre la voie à une analyse biaisée par rapport à la réalité. Nous faisons l'hypothèse qu'une approche par la moyenne telle que décrite ci-dessus est capable d'outiller une prise de décision en permettant de comprendre l'influence des Parties Prenantes, dans une situation donnée. Cette connaissance de l'influence nous permet de comprendre l'évolution temporelle possible des Critères de Valeur et de l'anticiper puisqu'une Partie Prenante ayant plus d'importance qu'une autre « tirera la couverture à elle ».

3.2.3. Conclusion quant au Stakeholder Value Network : vers une approche d'intégration des Parties Prenantes

Le Stakeholder Value Network permet de caractériser et de mesurer les Critères de Valeur des Parties Prenantes. Pour cette thèse, il s'agira de caractériser et de cartographier les différents Critères de Valeur en se basant sur les capitaux définis précédemment. Il s'agit d'une méthode qui est à première vue individuelle (on a une valeur perçue via des calculs mathématiques et une démarche individuelle). Cependant, pour nous, cette cartographie des différents Critères de Valeur est un support pour pouvoir échanger pour pouvoir, à terme, converger (autrement dit c'est en se basant sur cette cartographie que la dimension collaborative est intégrée). Lorsque la situation est définie et que toutes les Parties Prenantes partagent une vision collective des Critères de Valeur, le processus de conception se poursuit avec les étapes d'analyse de la valeur et de caractérisation de solutions.

Néanmoins, le Stakeholder Value Network permet également d'introduire la mesure de l'influence de chacune des Parties Prenantes du projet. La connaissance de ses influences diverses permet alors de mieux comprendre comment la perception de la valeur du projet évolue dans une direction ou dans une autre, tirée par la vision de certaines Parties Prenantes en particulier. Le Stakeholder Value Network vient donc combler le manque identifié dans le chapitre 2, à savoir le manque de caractérisation d'une valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante mais est également un support pour asseoir l'aspect collaboratif de la démarche en se basant sur une cartographie des Critères de Valeur mais aussi de l'influence de chacune d'entre elles. Enfin, lorsqu'un choix doit être effectué pour positionner chacune des solutions par rapport aux Critères de Valeur, c'est le Doughnut qui est utilisé comme support pour les indicateurs socio-écologiques.

3.3. Conclusion du chapitre 3 : différents concepts à mobiliser pour intégrer les enjeux de soutenabilité dans les projets de conception menés par Analyse de la Valeur

Le premier chapitre de cette thèse a permis de mettre en évidence le manque d'intégration des enjeux de soutenabilité et nous a permis de soulever la problématique suivante : **comment caractériser et mesurer des Critères de Valeur de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception ?**

Pour répondre à cette problématique, l'hypothèse de travail est qu'il faut comprendre la situation dans laquelle chacune des Parties Prenantes, individuellement et collectivement, évoluent afin de comprendre comment caractériser puis mesurer leurs Critères de Valeur. Pour avoir une vue d'ensemble de la situation et pour pouvoir identifier les Critères de Valeur, la proposition de cette thèse consiste à dresser un bilan des capitaux mis en œuvre dans le projet ainsi que leurs impacts potentiels sur le projet mais aussi les externalités de la mise en œuvre de ces capitaux (H1, Figure 21). Malgré ce premier cadrage, les Parties Prenantes ne sont pas en mesure de caractériser les Critères de Valeur soutenables pour le projet de conception. Pour comprendre comment évaluer des Critères de Valeur socio-environnementaux à l'échelle de chaque Partie Prenante, quels que soit son domaine et son niveau d'expertise, l'hypothèse du Doughnut comme un support à l'évaluation des Critères de Valeur socio-écologiques (H2, Figure 21) est émise. L'évaluation rendue possible grâce à la mobilisation du Doughnut, il reste à comprendre comment passer des Critères de Valeur soutenables de chaque Partie Prenante à la valeur soutenable du projet. Pour cela, le Stakeholder Value Network semble être capable de caractériser et mesurer les Critères de Valeur multi-échelles et dynamiques (H3, Figure 21). En effet, le Stakeholder Value Network permet de mesurer la valeur perçue par chacune des Parties Prenantes de manière individuelle (une des limites de l'Analyse de la Valeur) et de caractériser une valeur collective (mathématiquement définie) qui permet de définir, dans un réseau de valeur, l'importance (en termes d'influences) de chacune des Parties Prenantes. Ce Stakeholder Value Network permet également d'introduire l'aspect dynamique du projet via la caractérisation des différentes influences des Parties Prenantes.

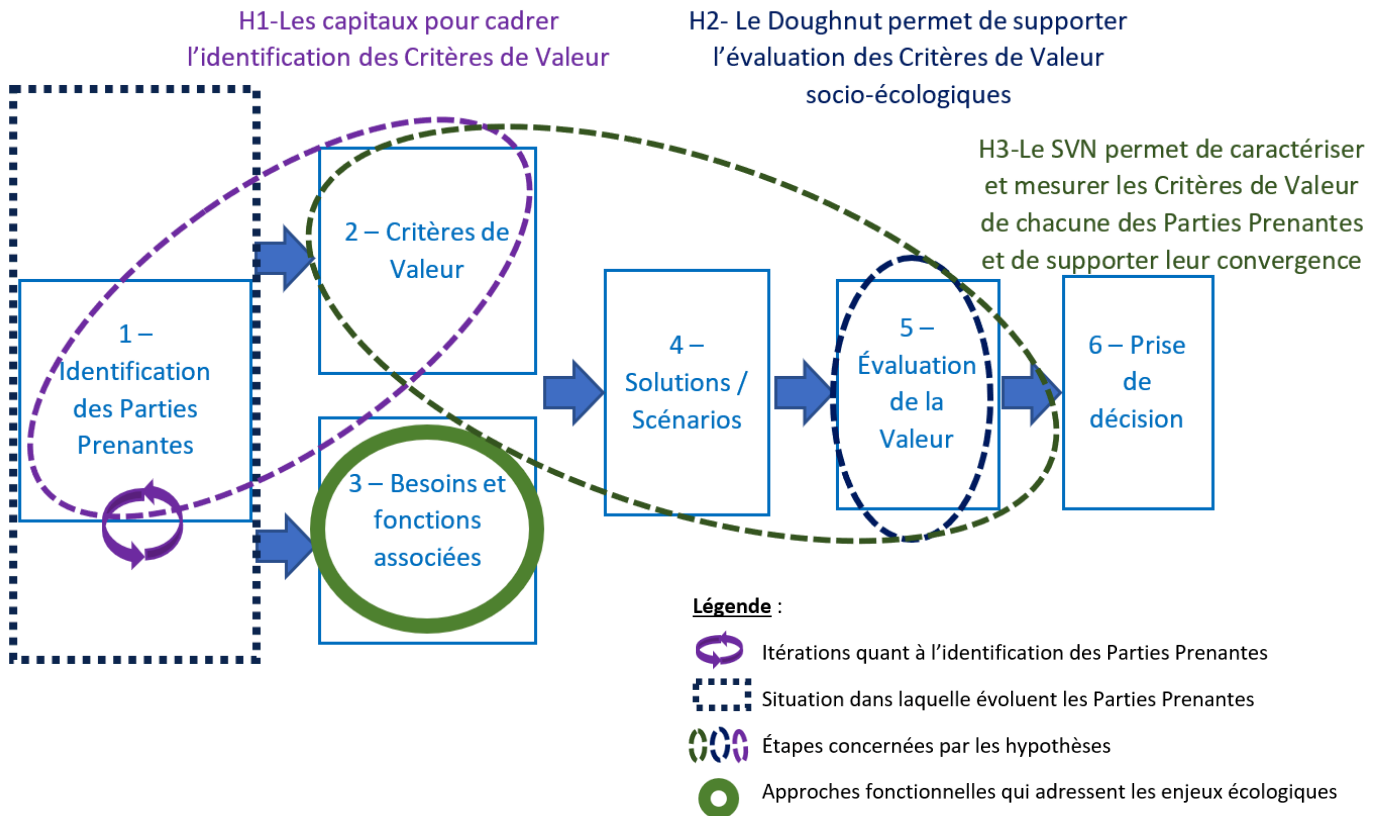


Figure 21 : Proposition de cette thèse pour répondre à la problématique de caractérisation et de mesure des Critères de Valeur de Soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception.

Ainsi, l'intégration de ces différents cadres à l'Analyse de la Valeur permet de construire une méthode d'Analyse de la Valeur Soutenable, capable d'intégrer les enjeux de soutenabilité et de répondre à notre question de recherche. Ceci constitue l'hypothèse (H4), englobante, sur laquelle repose notre proposition (testée durant l'opérationnalisation (cf chapitre 4).

Chapitre 4. L'Analyse de la Valeur Soutenable pour définir les indicateurs de soutenabilité mesurables à l'échelle des Parties Prenantes et du projet

L'Analyse de la Valeur Soutenable est la méthodologie proposée durant cette thèse. Elle est basée sur l'hypothèse que pour intégrer les enjeux de soutenabilité, la proposition présentée à la fin du chapitre 3 est pertinente puisqu'elle permet de comprendre comment est définie la valeur perçue d'un individu et du collectif par rapport à une situation donnée et ainsi de caractériser la valeur soutenable d'un projet (H4, Figure 22). L'Analyse de la Valeur Soutenable définit des indicateurs de soutenabilité mesurables à l'échelle des Parties Prenantes (mobilisables par des concepteurs avertis) et du projet (mobilisables par des managers de projet). Elle s'adresse à des praticiens d'Analyse de la Valeur au travers d'un guide méthodologique qui est présenté ci-après.

H4-L'Analyse de la Valeur Soutenable permet aux praticiens d'intégrer les enjeux de soutenabilité

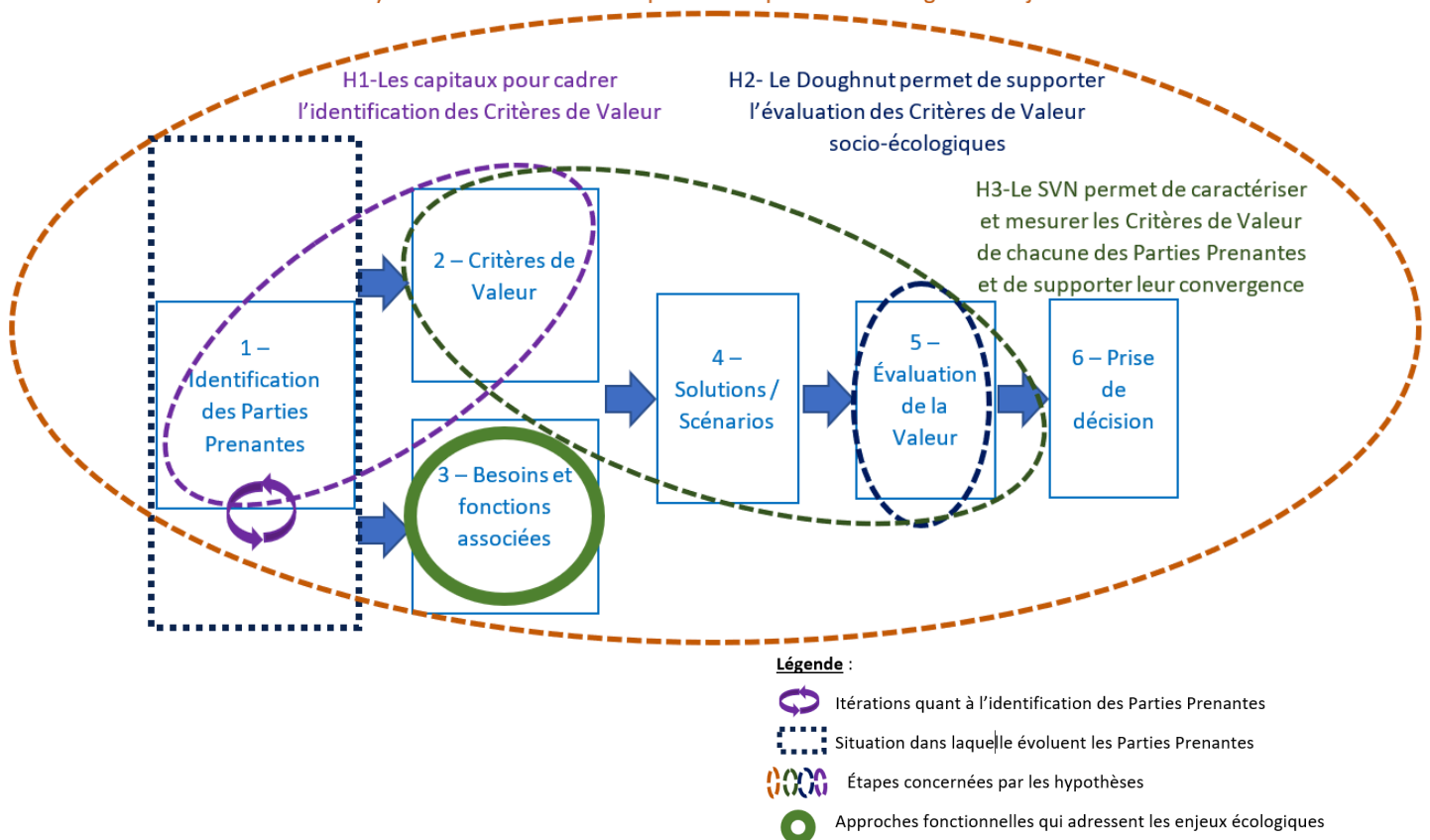


Figure 22 : L'Analyse de la Valeur Soutenable comme méthodologie permettant d'intégrer les enjeux de soutenabilité

Pour tester la proposition de cette thèse, et savoir si l'Analyse de la Valeur Soutenable permet aux praticiens (d'Analyse de la Valeur) d'intégrer les enjeux de soutenabilité (H4, Figure 22), la proposition a été médiatisée sous la forme d'un guide méthodologique. Il s'agit, dans la section ci-dessous, de rendre opérationnelle la proposition au travers de ce guide méthodologique (aussi appelé « guideline ») afin de pouvoir expérimenter ensuite la proposition à travers l'utilisation de ce guide.

4.1. Le guide méthodologique comme support dédié aux praticiens

Afin de s'adresser à des praticiens d'Analyse de la Valeur, la méthodologie (Analyse de la Valeur Soutenable) a été mise sous la forme d'un guide méthodologique (ou « guideline », terme utilisé par certains praticiens) qui est synthétisé et illustré dans ce chapitre. L'objectif du guide méthodologique (aussi appelé « guideline ») est que le praticien soit en mesure d'appliquer la proposition de cette thèse.

Cette guideline pourrait également servir de support de formation autour de la méthode proposée. Cela permettrait aux consultants les moins expérimentés de monter en compétence tant sur l'application d'une approche Valeur que sur des aspects spécifiques comme la Soutenabilité. Bien que la guideline soit générique, un cas illustratif vient étayer nos propos. Des fiches détaillées sur certains points stratégiques, comme l'analyse des capitaux ou l'utilisation du « Doughnut », viennent compléter la guideline. Ces fiches renvoient sur les sources à l'origine de la proposition de thèse et peuvent satisfaire la curiosité professionnelle (et personnelle) des collaborateurs qui se forment. La guideline représente ainsi la base de l'opérationnalisation de la proposition de cette thèse : elle décrit les différentes étapes à suivre afin de mobiliser les différents concepts présentés auparavant (synthétisé dans la Figure 22).

De plus, l'exemple développé ici est le cas utilisé lors des ateliers avec des praticiens et des experts en Analyse de la Valeur (ateliers présentés dans le paragraphe concernant la méthodologie de mise à l'épreuve (5.1)) permettant de tester la proposition méthodologique. Pour illustrer le cadre méthodologique proposé, on s'appuiera sur le cas d'un projet de conception d'un vélo soutenable. Cet exemple part de la mise en situation rencontrée chez un partenaire industriel suivante : une entreprise d'ingénierie souhaite tester de nouvelles méthodes pour concevoir ces produits. Pour cela, elle effectue des tests de différentes méthodologies sur un cas simplifié mais représentatif. Il s'agit de comparer des solutions de vélos conçus en intégrant les enjeux de soutenabilité. Il s'agit du cas décrit au travers de supports disponibles en Annexe 1 : Dossier support « atelier-formation Analyse de la Valeur et Soutenabilité ».

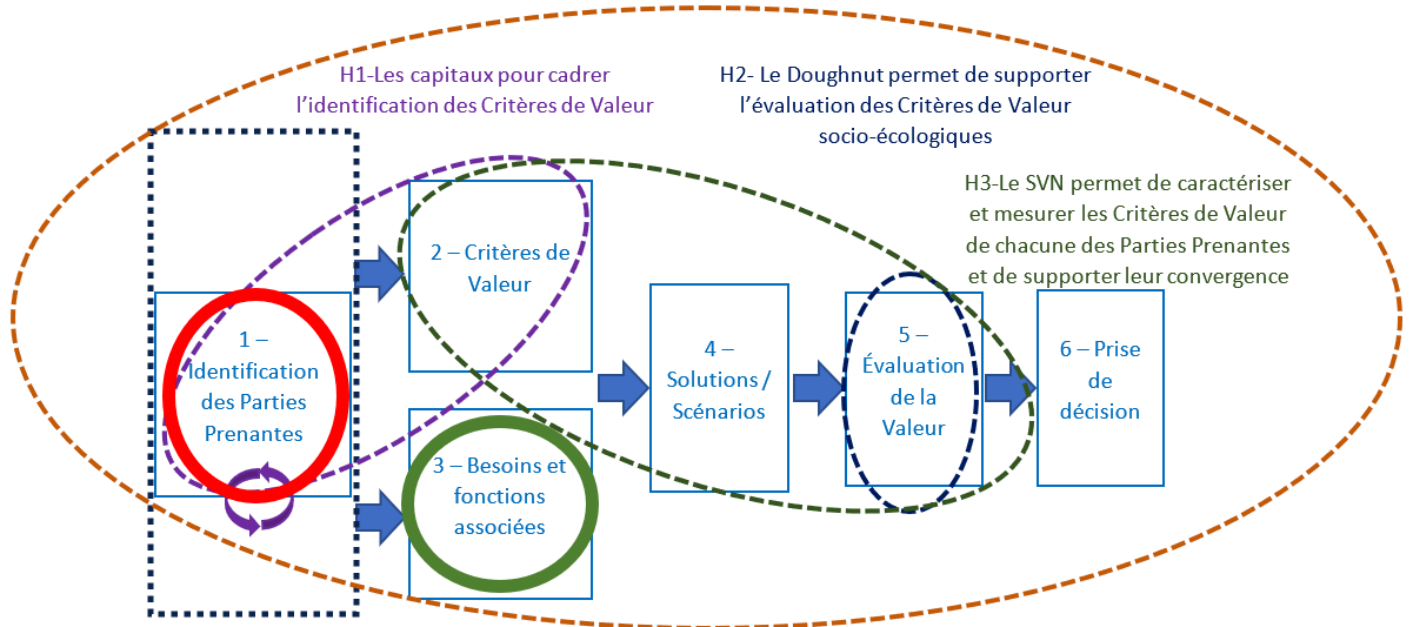
4.2. Identification des Parties Prenantes selon l'objectif du projet

La première étape de l'Analyse de la Valeur Soutenable est, conformément aux cadres conceptuels présentés dans le chapitre 3, une étape d'identification des Parties Prenantes. Il s'agit de comprendre quelles sont les Parties Prenantes qui sont mobilisées dans le projet, comme dans une Analyse de la Valeur classique, afin de pouvoir intégrer ces Parties Prenantes dans le processus de conception (cf chapitre 1). La question à se poser dans cette étape est « Quelles sont les Parties Prenantes à prendre en compte durant le cycle de vie du projet ? ». Cette première étape est la première de la méthodologie d'Analyse de la Valeur Soutenable (cf Figure 23 Figure 23).

Pour répondre à cette question, le chef de projet et l'animateur Analyse de la Valeur déterminent les Parties Prenantes à prendre en compte pour atteindre l'objectif du projet. Il est crucial d'identifier et d'impliquer l'ensemble des Parties Prenantes tout le long du cycle de vie du projet. Il est difficile d'établir finement dès le départ l'ensemble des Parties Prenantes ou de proposer une procédure robuste directement applicable pour l'identification des parties prenantes. À ce titre, cette étape en appelle au ressenti et à l'expérience du chef de projet. Néanmoins, on suivra les recommandations des normes d'Analyse de la Valeur qui décrivent les Parties Prenantes comme étant « concernées, compétentes, responsables, disponibles et ouvertes au dialogue » (FD X50-153:2009-09 2009). Notons que nous parlons ici des Parties

Prenantes qui seront présentes dans le groupe de travail, c'est-à-dire leur(s) représentant(s) (le maire d'une commune représente sa population, le chef d'entreprise ses salariés, etc.). L'utilisation de standards propres aux entreprises (certaines entreprises ont des méthodologies développées en interne pour cadrer cette étape) permettra également de compléter la cartographie des Parties Prenantes. En raison de sa difficulté, cette étape sera ajustée au cours de l'étape suivante.

H4-L'Analyse de la Valeur Sustainable permet aux praticiens d'intégrer les enjeux de soutenabilité



Légende :






-  Itérations quant à l'identification des Parties Prenantes
-  Situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes
-  Étapes concernées par les hypothèses
-  Approches fonctionnelles qui adressent les enjeux écologiques
-  Étapes d'intérêt dans cette section

Figure 23 : Étape d'identification des Parties Prenantes

Sur l'exemple du vélo, le choix des Parties Prenantes pour l'entreprise est déterminé par l'objectif : il s'agit de déterminer quel est le vélo qui semble le plus soutenable. Pour cela, l'entreprise se base sur le référentiel interne pour déterminer les Parties Prenantes et leurs représentants :

- Les différentes entités de l'entreprise (ingénierie, marketing, etc.) afin d'avoir une vision complète du projet
- Les sous-traitants de l'entreprise (les principaux fournisseurs par exemple) afin d'avoir une vision complète de la situation dans laquelle se déroule le projet
- Les utilisateurs (du vélo dans notre cas) pour connaître les besoins auxquels le produit doit répondre
- Et l'ensemble de la société qui sera impactée la mobilité de demain (représentée par le maire de la commune la plus proche des bureaux de l'entreprise commanditaire de

l'étude : il s'agit d'un choix de leur part (le maire a connaissance des problématiques de l'entreprise mais aussi de ceux de la société)).

Après avoir déterminé quelles sont les Parties Prenantes, il faut réussir à comprendre quels sont leurs Critères de Valeur dans la situation du projet. Pour cela, on a pu voir (CHAPITRE 2.1) que les capitaux pouvaient être un cadre pour permettre aux Parties Prenantes de se comprendre et d'échanger afin de faciliter l'identification de ces Critères de Valeur.

4.3. Compréhension de la situation dans laquelle se déroule le projet : détermination et caractérisation des capitaux mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes du projet

Nous avons vu dans le chapitre 1 que la situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes est importante pour pouvoir les intégrer dans le processus de conception. On cherche à comprendre quel est le contexte et à le caractériser. Le cadre conceptuel mobilisé est l'approche par les capitaux (paragraphe 2.1, voir Figure 24). L'hypothèse faite est que cette approche aide les Parties Prenantes à comprendre quels sont les Critères de Valeur des autres Parties Prenantes et ainsi de mieux cibler les leurs et de les adapter individuellement puis collectivement.

La question à se poser dans cette étape est « Quels sont les enjeux autour du projet pour les Parties Prenantes par rapport à la situation dans laquelle se déroule le projet ? »

L'objectif de cette seconde étape est de déterminer quels sont les capitaux qui sont mis en œuvre par les Parties Prenantes dans la situation du projet afin qu'elles puissent dans un premier temps prendre du recul sur elles-mêmes puis d'échanger et comprendre les intérêts de chacune d'entre-elles.

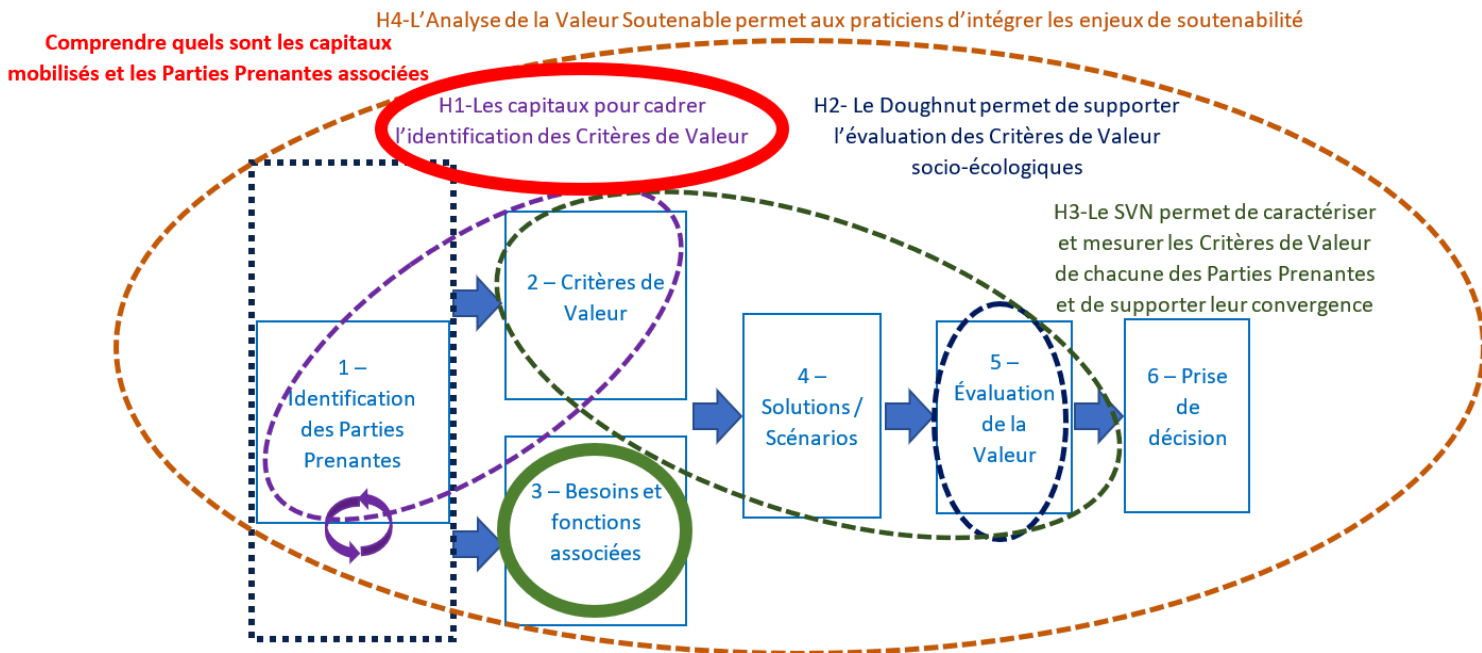


Figure 24 : Étape de compréhension des différents capitaux mobilisés par les Parties Prenantes

4.3.1. Détermination et caractérisation des capitaux mis en œuvre durant le projet

Pour répondre à la problématique de compréhension de la situation dans laquelle les Parties Prenantes évoluent durant le projet, chacune des Parties Prenantes doit individuellement évaluer les capitaux qu'elle met en jeu durant le projet. Il faut pour cela se demander « Quels sont les capitaux que je mets en œuvre pendant le projet ? » et essayer d'en faire un chiffrage (approximatif).

Ce positionnement sur les capitaux mis en œuvre permet à chacune des Parties Prenantes de clarifier ce qu'elles peuvent apporter sur le projet en termes de capitaux et ainsi de se positionner par rapport aux autres Parties Prenantes : elles peuvent avoir des attentes afin de mobiliser leurs capitaux dans de bonnes conditions par exemple.

Si on revient à l'exemple du vélo, le chef de projet sait qu'il aura besoin de l'acceptation du projet que ce soit au niveau de l'entreprise (interne) ou à l'extérieur (externe). Il mobilise donc des capitaux humains (compétences) mais ils doivent également s'intégrer aux enjeux sociétaux dans leur territoire et à l'échelle globale. Au niveau du marketing, là aussi le capital humain est mobilisé mais surtout le capital financier ainsi que l'image et la notoriété de l'entreprise puisque le projet se veut « vert ». Pour ce qui est de l'équipe d'ingénierie on retrouve le capital humain (compétences) mais aussi les performances des différents processus (IT, technique...). Du côté du manufacturing, les ressources issues des sous-traitants sont essentielles tandis que le capital humain ainsi que les différents processus sont mobilisés pour le fonctionnement de la

fabrication. Quant au service client, il a besoin de moyens humains pour fonctionner tout comme le service Achats, qui se base également sur les sous-traitants pour assurer les moyens de travailler. Le gestionnaire des coûts possède des moyens humains pour suivre la tenue des comptes. Les sous-traitants ont besoin de ressources naturelles pour créer les différentes pièces des vélos et les assembler sur un territoire donné (ils doivent s'intégrer aux enjeux sociétaux dans leur territoire et à l'échelle globale). Les utilisateurs et la société seront peu mobilisés sur le projet de conception : leurs représentants seront inclus dans le groupe de travail. On peut résumer ceci via le Tableau 5 :

Parties Prenantes	Capital mobilisé
Chef de projet	Sociétal : acceptation sur le territoire local et global
	Temps humain
Marketing	Temps humain
	Finance
	Image de marque (« écologique »)
Ingénierie	Temps humain
	Performances des différents processus (IT, technique...)
Manufacturing	Ressources issues des sous-traitants
	Temps humain
	Performances des différents processus (IT, technique...)
Service Client	Temps humain
Service Achats	Ressources issues des sous-traitants
	Temps humain
Gestionnaire des coûts	Temps humain
Sous-traitants	Ressources naturelles
	Sociétal : acceptation sur le territoire local et global
Utilisateur	Temps humain
La société	Temps humain

Tableau 5 : Synthèse des capitaux mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes

Après avoir déterminé quels sont les capitaux mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes, il faut réussir à comprendre quels sont leurs impacts potentiels sur et en dehors du projet. En effet, la situation du projet dépend des Parties Prenantes et donc de la mise en œuvre des divers capitaux qui peuvent changer la situation du projet. Cette situation qui change fait alors évoluer les Critères de Valeur.

4.3.2. Détermination et caractérisation des impacts potentiels de la mise en œuvre des capitaux sur le projet

Pour comprendre la situation dans laquelle les Parties Prenantes évoluent durant le projet, chacune des Parties Prenantes doit individuellement évaluer les impacts, qu'ils soient positifs ou négatifs, de la mise en œuvre des capitaux durant le projet. Pour cela (et comme dans une démarche de Stakeholder Value Network), les Parties Prenantes sont interrogées via un questionnaire mené par le chef de projet quant aux capitaux mobilisés durant le projet et l'impact potentiel de leur mobilisation. Le questionnement quant aux impacts positifs ou négatifs permet aux Parties Prenantes de prendre du recul sur leur impact quant au projet, qu'il s'agisse du produit à concevoir ou du système pour le concevoir, et que les impacts soient positifs ou négatifs. Cela lui permet par la suite d'être en mesure d'échanger en ayant conscience de ses impacts. Il faut pour cela se demander « Comment la mise en œuvre de ces capitaux aura-t-elle un impact (positif ou négatif) sur le produit conçu durant le projet ? Quel est le capital mobilisé et peut-on le caractériser ? »

Pour le cas illustratif du vélo le chef de projet espère un impact positif du projet sur la société. Au niveau du marketing, l'image et la notoriété de l'entreprise sont en jeu et on attend de ce

projet qu'il soit une vitrine des savoir-faire de l'entreprise. Pour ce qui est de l'équipe d'ingénierie, elle pense avoir un impact positif sur les performances des différents processus (IT, technique...). Du côté du manufacturing, les ressources issues des sous-traitants sont mobilisées lors de la fabrication, on apporte donc de la valeur (ce qui est positif) et plus généralement cette entité pense avoir un impact plutôt positif sur l'ensemble du projet. Le service Achats, le gestionnaire des coûts, les utilisateurs et la société auront un impact négligeable tandis que les sous-traitants ont un impact très important sur le projet (fournissent des ressources essentielles). On peut résumer ceci sous la forme d'un tableau (Tableau 6) :

Parties Prenantes	Capital mobilisé	Impact sur le projet estimé
Chef de projet	Sociétal : acceptation sur le territoire local et global	Gros impact positif sur la société
	Temps humain	Aucun impact
Marketing	Temps humain	Aucun impact
	Finance	Positif
	Image de marque (« écologique »)	Gros impact positif sur l'image de marque et la société
Ingénierie	Temps humain	Aucun impact
	Performances des différents processus (IT, technique...)	Positif sur tout
Manufacturing	Ressources issues des sous-traitants	Positif
	Temps humain	Aucun impact
	Performances des différents processus (IT, technique...)	Positif sur tout
Service Client	Temps humain	Aucun impact
Service Achats	Ressources issues des sous-traitants	Positif
	Temps humain	Aucun impact
Gestionnaire des coûts	Temps humain	Aucun impact
Sous-traitants	Ressources naturelles	Impact très positif
	Sociétal : acceptation sur le territoire local et global	Positif
Utilisateur	Temps humain	Aucun impact
La société	Temps humain	Aucun impact

Tableau 6 : Synthèse de la caractérisation des impacts des capitaux sur le projet mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes

Après avoir caractérisé l'impact de la mise en œuvre potentielle de chacun des capitaux sur le projet, il faut réussir à comprendre quelles sont les externalités qui peuvent y être associées afin de décrire et de caractériser au mieux la situation dans laquelle le projet se déroule.

4.3.3. Détermination et caractérisation des impacts potentiels de la mise en œuvre de ces capitaux en dehors du projet

Pour comprendre la situation dans laquelle les Parties Prenantes évoluent durant le projet, chacune des Parties Prenantes doit individuellement comprendre leur positionnement quant aux potentielles externalités. Pour cela, l'hypothèse qui est faite est que les capitaux peuvent permettre à ces Parties Prenantes de caractériser de manière préliminaire leurs impacts. Pour cela, il faut se demander « En quoi la mise en œuvre de ces capitaux aura-t-elle un impact

(positif ou négatif) en dehors du projet (externalités) ? Et comment est-ce que je les évaluerais ? ». La démarche repose une nouvelle fois sur des questionnaires individuels.

Ce questionnement permet aux Parties Prenantes de prendre du recul sur leur impact quant aux externalités du projet, que ceux-ci soient positifs ou négatifs. Cela leur permet par la suite d'être en mesure d'échanger en ayant conscience de leurs impacts avec les autres Parties Prenantes.

Si on revient à l'exemple du vélo, le chef de projet pense avoir un impact positif sur la société en permettant une décarbonation des moyens de transport via l'utilisation du vélo. Le marketing va jouer sur cet aspect pour donner une image « verte » de l'entreprise et ainsi vendre ces vélos. Globalement, l'équipe d'ingénierie concevra et l'équipe du manufacturing mobilisera les ressources fournies par les sous-traitants : ils auront tous les deux des impacts négatifs sur les ressources naturelles principalement et globalement sur tous les domaines, mis à part l'emploi local et l'espoir de décarboner les transports. On peut résumer ceci sous la forme d'un tableau (Tableau 7) :

Parties Prenantes	Capital mobilisé	Impact sur le projet estimé	Impact en dehors du projet estimé
Chef de projet	Sociétal : acceptation sur le territoire local et global	Gros impact positif sur la société	Beaucoup d'impact positif sur la société
	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
Marketing	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
	Finance	Positif	Aucun impact
	Image de marque (« écologique »)	Gros impact positif sur l'image de marque et la société	Beaucoup d'impact positif sur la société
Ingénierie	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
	Performances des différents processus (IT, technique...)	Positif sur tout	Impact négatif sur tout sauf l'emploi local
Manufacturing	Ressources issues des sous-traitants	Positif	Impact négatif sur les ressources naturelles
	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
	Performances des différents processus (IT, technique...)	Positif sur tout	Impact négatif sur tout sauf l'emploi local
Service Client	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
Service Achats	Ressources issues des sous-traitants	Positif	Impact négatif sur les ressources naturelles
	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
Gestionnaire des coûts	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
Sous-traitants	Ressources naturelles	Impact très positif	Beaucoup d'impact négatif sur les ressources naturelles
	Sociétal : acceptation sur le territoire local et global	Positif	Beaucoup d'impact positif sur la société
Utilisateur	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact
La société	Temps humain	Aucun impact	Aucun impact

Tableau 7 : Synthèse de la caractérisation des impacts des capitaux en dehors du projet mis en œuvre par chacune des Parties Prenantes

Après avoir caractérisé l'impact de la mise en œuvre potentielle de chacun des capitaux sur et en dehors du projet, il faut réussir à faire converger les Parties Prenantes. Pour cela, une mise en commun est nécessaire afin d'aboutir à un tableau des capitaux et de leur caractérisation qui soit collectif.

4.3.4. Mise en commun et identification de nouvelles Parties Prenantes

L'objectif de cette mise en commun est que chacune des Parties Prenantes doit être en mesure de comprendre quels sont les Critères de Valeur des autres Parties Prenantes. Cependant, à ce niveau on parle de capitaux. Nous allons voir comment on passe de l'un à l'autre.

La mise en commun consiste en l'explication collective du point de vue de chacune des Parties Prenantes. À partir de cette mise en commun, les capitaux, qui étaient jusqu'ici potentiellement mis en œuvre, deviennent compréhensibles par l'ensemble des Parties Prenantes et expriment des critères auxquels il va falloir répondre. On parle désormais de Critères de Valeur ce sont les leviers sur lesquels s'appuyer pour exprimer la perception de Valeur. Nous proposons ainsi que chacune des Parties Prenantes alimente le tableau en expliquant ces choix et que chacune des Parties Prenantes puisse prendre la parole au fur et à mesure. De plus, cette étape permet d'ajuster la cartographie des Parties Prenantes : certains capitaux mis en œuvre ne s'adressent potentiellement à aucune des Parties Prenantes (capital inutile) ou, au contraire, il est identifié un manque de capital (qui est comblé par les Parties Prenantes identifiées, ou non. Dans ce cas, il faut ajouter dans le groupe de travail la Partie Prenante adéquate).

Si on reprend l'exemple du vélo, on sait que le chef de projet a besoin de mobiliser le capital sociétal afin que le projet soit accepté. Les Parties Prenantes convergent donc sur un Critère de Valeur nommé « Impact écologique positif ». Ce Critère de Valeur est désigné par la société comme un levier de survie à l'échelle locale et globale. Pour le marketing également, l'impact écologique positif devient un Critère de Valeur puisqu'il permettra de vendre via une image de marque et c'est le cas l'ensemble des entités de l'entreprises. Les moyens humains mis en œuvre par le chef de projet seront quant à eux dédiés à « finir le projet dans les temps ». Le coût est un Critère de Valeur qui importe au service Achats et aux gestionnaires des coûts mais aussi aux sous-traitants qui veulent être payés au juste prix par rapport à leurs prestations. En résumé (Tableau 8) :

Partie Prenante qui exprime un Critère de Valeur	Critère de Valeur	Partie Prenante envers qui un Critère de Valeur est exprimé
Chef de projet	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise mais plus fortement l'ingénierie
	Finir le projet dans les temps	Toutes les entités de l'entreprise
Marketing	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise
Ingénierie	Avoir une gestion des ressources efficiente (matérielles / processus)	Toutes les entités de l'entreprise mais plus fortement le gestionnaire des coûts
Manufacturi,g	Avoir une gestion des ressources efficiente (matérielles / processus)	Toutes les entités de l'entreprise mais plus fortement le gestionnaire des coûts
Service Client	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise
Service Achats	Impact écologique positif	Sous-traitants
	Coût	Sous-traitants
Gestionnaire des coûts	Coût	Toutes les entités de l'entreprise
sous-traitants	Coût	Service Achats
	Coût	Gestionnaire des coûts
Utilisateur	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise
La société	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise
	Avoir un impact social positif à l'échelle locale comme globale	Toutes les entités de l'entreprise

Tableau 8 : les Critères de Valeur à caractériser et mesurer

Après avoir déterminé quelles sont les Parties Prenantes (étapes 1) puis quelle est la situation dans laquelle elles vont évoluer durant le projet à travers une description des capitaux mis en jeu, il faut réussir à comprendre comment cette situation a un impact sur chacun des Critères de Valeur des Parties Prenantes. Pour cela, l'aspect dynamique du projet entre en jeu et les liens entre les Parties Prenantes semblent importants pour comprendre la Valeur perçue par chacune d'entre elles.

4.4. Compréhension de la situation dans laquelle se déroule le projet : caractérisation et mesure des Critères de Valeur multi-échelles dynamique

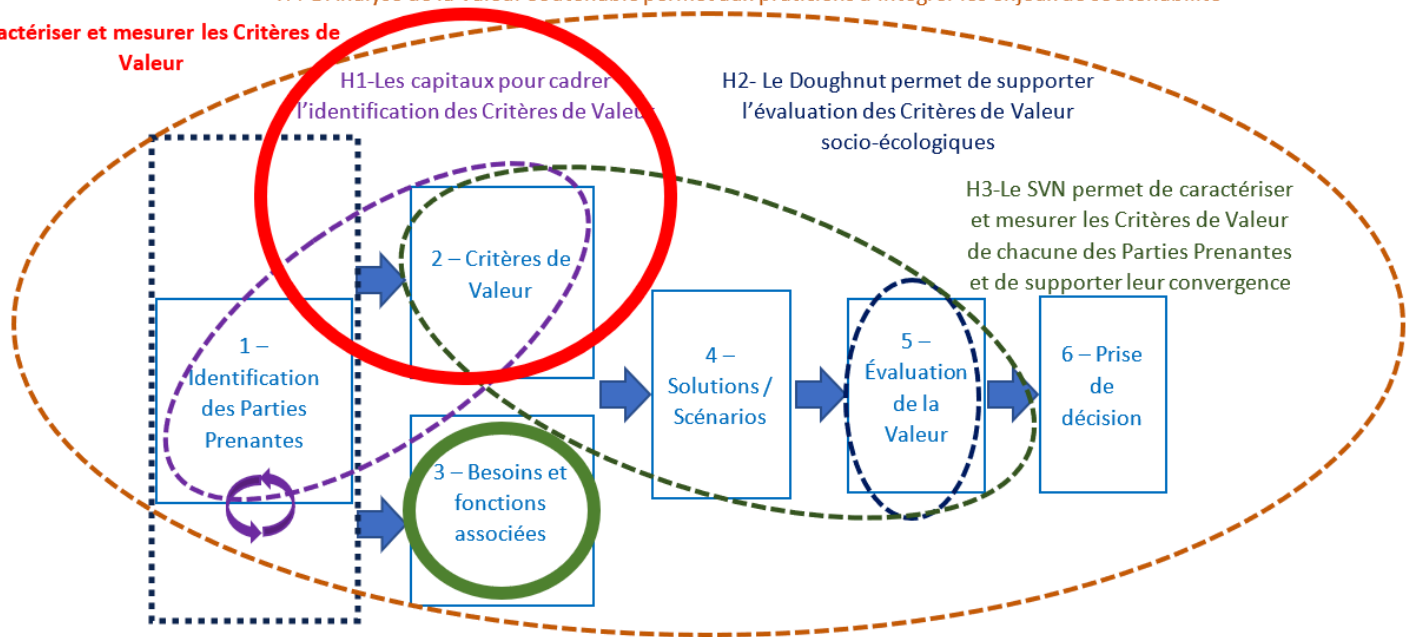
Comme dans la section précédente, nous cherchons à comprendre quel est ce contexte du projet et à le caractériser. Le deuxième cadre conceptuel mobilisé est l'approche « Stakeholder Value Network » (chapitre 3). L'hypothèse faite est que cette approche aide à caractériser et mesurer les Critères de Valeur tant à l'échelle individuelle que collective et permet de comprendre la dynamique du réseau de Parties Prenantes du projet à travers la caractérisation de l'influence qui existe entre ces Parties Prenantes par rapport aux différents Critères de Valeur caractérisés individuellement puis collectivement.

Les questions à se poser dans cette étape sont « Comment caractériser et mesurer les Critères de Valeur ? Quelle est l'influence de chacune des Parties Prenantes dans ce processus ? »

L'objectif de cette troisième étape (cf Figure 25) est dans un premier temps de caractériser et de mesurer les Critères de l'ensemble des Parties Prenantes de manière individuelle. Dans un second temps, on cherche à caractériser chacune des Parties Prenantes associées aux Critères de Valeur de manière individuelle afin de pouvoir déterminer les leviers de réussite du projet (acteurs et réseaux de valeur clés) par convergence des acteurs. On utilise pour cela un questionnaire adapté de la méthode « Stakeholder Value Network » développée par (Cameron 2007; Sutherland 2009).

H4-L'Analyse de la Valeur Soutenable permet aux praticiens d'intégrer les enjeux de soutenabilité

Caractériser et mesurer les Critères de Valeur



Légende :






-  Itérations quant à l'identification des Parties Prenantes
-  Situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes
-  Étapes concernées par les hypothèses
-  Approches fonctionnelles qui adressent les enjeux écologiques
-  Étapes d'intérêt dans cette section

Figure 25 : Étape de caractérisation et de mesure des Critères de Valeur

4.4.1. Caractérisation et mesure des Critères de Valeur

Chacune des Parties Prenantes se positionne quant aux Critères de Valeur déterminés auparavant collectivement : elles se prononcent en se basant sur les questions du Stakeholder Value Network (chapitre3) qui permet de caractériser non seulement la présence/absence des Critères de Valeur mais également l'importance d'une Partie Prenante pour y répondre. Les questions utilisées sont les suivantes :

- 1- "Comment caractériseriez-vous l'absence ou la présence de ce Critère de Valeur ?", avec :
 - A - Je serais satisfait de sa présence, mais je ne regretterais pas son absence.
 - B - Je serais satisfait de sa présence, mais je regretterais sûrement son absence.
 - C - Je serais satisfait de sa présence, mais je regretterais son absence.
 - D - Sa présence est nécessaire, et je regretterais son absence.
 - E - Sa présence est absolument nécessaire et je regretterais vraiment son absence.

2- " Si ce Critère de Valeur devait être satisfait, quelle serait l'importance de cette source spécifique pour y répondre ?", avec :

- A - Pas important ; je n'ai pas besoin de cette source pour répondre à mes besoins
- B - Assez important ; il est acceptable que cette source réponde à mon besoin
- C - Important ; il est préférable que cette source réponde à mes besoins
- D - Très important ; il est hautement souhaitable que cette source réponde à mes besoins
- E - Extrêmement important ; il est essentiel que cette source réponde à mes besoins.

Les réponses sont données par le Tableau 9 :

Partie Prenante qui exprime un Critère de Valeur	Critère de Valeur	Partie Prenante envers qui un Critère de Valeur est exprimé	Réponse de la PP (présence / absence)	Réponse de la PP (importance de la PP)	Valeur du Critère de Valeur
Chef de projet	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise mais plus fortement l'ingénierie	E	C	0,539
	Finir le projet dans les temps	Toutes les entités de l'entreprise	C	A	0,0363
Marketing	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise	E	D	0,7644
Ingénierie	Avoir une gestion des ressources efficiente (matérielles / processus)	Toutes les entités de l'entreprise mais plus fortement le gestionnaire des coûts	D	B	0,1881
Manufacturi,g	Avoir une gestion des ressources efficiente (matérielles / processus)	Toutes les entités de l'entreprise mais plus fortement le gestionnaire des coûts	A	C	0,0605
Service Client	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise	C	D	0,2574
Service Achats	Impact écologique positif	Sous-traitants	D	D	0,4446
	Coût	Sous-traitants	C	C	0,1815
Gestionnaire des coûts	Coût	Toutes les entités de l'entreprise	A	D	0,0858
sous-traitants	Coût	Service Achats	B	C	0,1045
	Coût	Gestionnaire des coûts	C	B	0,1089
Utilisateur	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise	B	C	0,1045
La société	Impact écologique positif	Toutes les entités de l'entreprise	D	D	0,4446
	Avoir un impact social positif à l'échelle locale comme globale	Toutes les entités de l'entreprise	E	C	0,539

Tableau 9 : caractérisation et mesure des Critères de Valeur pour l'exemple du vélo

4.4.2. Établissement de l'influence des Parties prenantes par calcul

Comme nous l'avons évoqué dans le chapitre 3 (3.2), le Stakeholder Value Network permet de déterminer l'influence des Parties Prenantes. Dans ce cadre nous faisons l'hypothèse que la détermination de l'influence des Parties Prenantes peut être obtenue par la valeur moyenne de chacun des Critères de Valeur émis par une Partie Prenante. On obtient ainsi les résultats (Figure 26) :

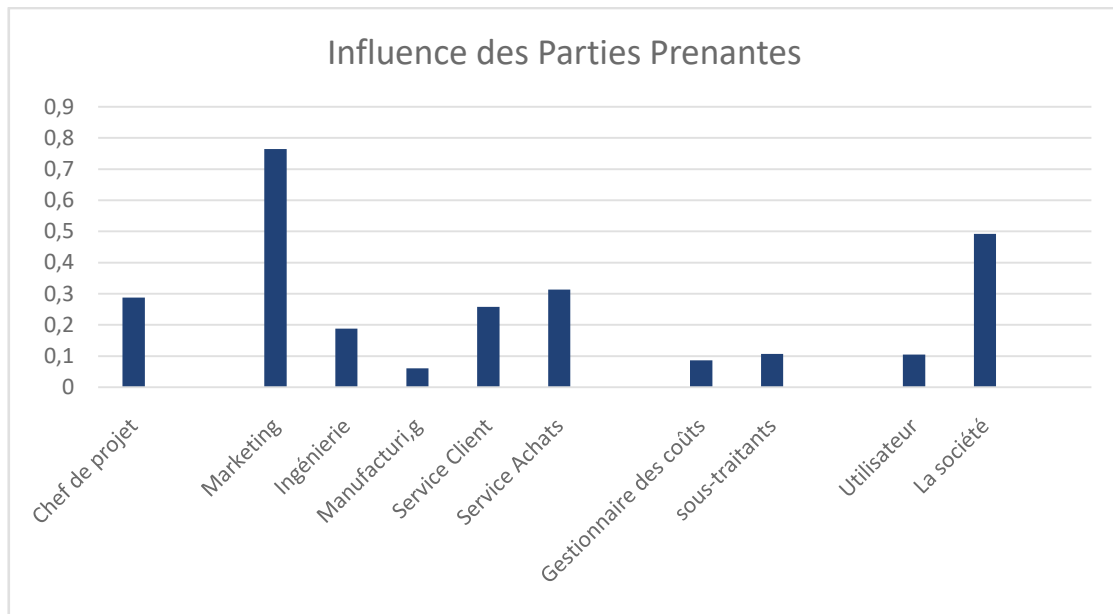


Figure 26 : Mesure de l'influence des Parties Prenantes du projet telle que nous le proposons

La connaissance de ses influences diverses permet alors de mieux comprendre comment la perception de la valeur du projet évoluera dans une direction ou dans une autre, tirée par la vision de certaines Parties Prenantes en particulier. Ainsi, le projet sera principalement influencé par le marketing et la société (pour cette dernière, les capitaux mis en œuvre ne sont certes pas importants, mais leur influence sur les autres Parties Prenantes est importante et est intégrée via l'approche Stakeholder Value Network). Les deux Parties Prenantes se rejoignent sur des enjeux communs autour de l'écologie bien que les deux aient des ambitions différentes (l'un pour l'image et la notoriété, l'autre en tant que levier de survie à l'échelle locale et globale).

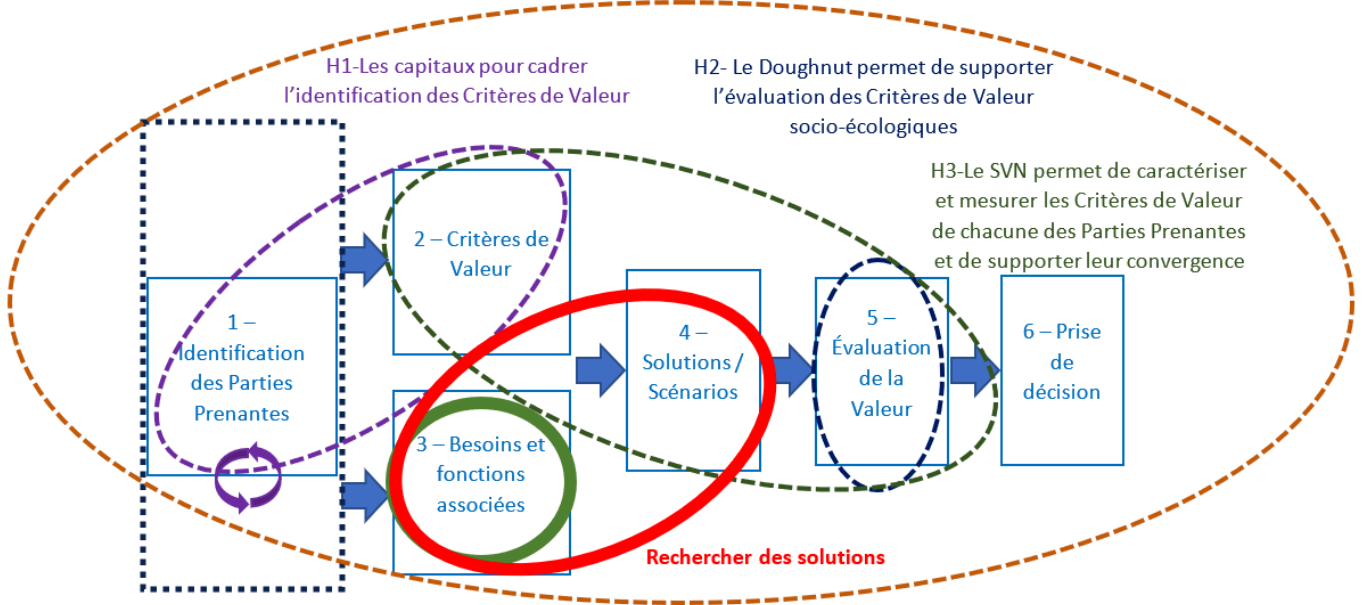
4.5. Identification et caractérisation des Critères de Valeur fonctionnels et des solutions

La recherche de solutions nécessite de comprendre en quoi le produit aura une utilité. Il s'agit de définir des solutions en se basant sur une démarche d'analyse fonctionnelle. On cherche à comprendre comment le produit conçu peut répondre aux fonctions attendues. Pour cette étape, le cadre conceptuel mobilisé est l'Analyse de la Valeur (cadre général de la démarche, cf chapitre 1). En effet, ces étapes se retrouvent (et ne sont pas changées) dans la méthodologie proposée durant la thèse.

Les questions à se poser dans cette étape sont « Quelles sont les fonctions qui doivent être assurées par le produit avant, pendant et après le projet ? ».

L'objectif de cette étape (cf Figure 27) est de déterminer les indicateurs de conception qui devront être suivis tout au long du projet afin de répondre aux Critères de Valeur des Parties.

H4-L'Analyse de la Valeur Soutenable permet aux praticiens d'intégrer les enjeux de soutenabilité



Légende :






-  Itérations quant à l'identification des Parties Prenantes
-  Situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes
-  Étapes concernées par les hypothèses
-  Approches fonctionnelles qui adressent les enjeux écologiques
-  Étapes d'intérêt dans cette section

Figure 27 : Étape de recherche de solutions

4.5.1. Caractérisation des fonctions du système par Analyse Fonctionnelle

Les premières étapes ont permis de caractériser les Critères de Valeur des Parties Prenantes. Il faut rentrer dans les Critères de Valeur qui sont en lien avec les besoins fonctionnels, autrement dit ce que doit faire le produit. Il s'agit de passer de fonctions à remplir (4.5.1) à des solutions techniques (4.5.2).

Pour cela, l'ensemble du groupe de travail s'appuie sur les normes d'Analyse de la Valeur (FD X50-153:2009-09 2009; NF EN 1325:2014-04 2014; NF X50-152:2007-09 2007) et d'Analyse Fonctionnelle (SAVE International 2007) pour déterminer et caractériser les fonctions, leur priorisation et les attendus de performance ainsi que la flexibilité de chacune d'elles.

Pour l'exemple du vélo (Tableau 10), l'objectif premier du vélo est de permettre le transport d'un utilisateur d'un point A à un point B. Il s'agit d'une de ces fonctions principales (priorité 1). Le critère de réussite de cette fonction est la vitesse de croisière qui doit être supérieure à 30km/h (à +/-1km/h). L'autre fonction de ce vélo est de répondre aux attendus de performance. Pour cela, le choix du groupe de travail a été d'avoir un poids inférieur à 20kg (à +/-2kg). D'autres fonctions moins prioritaires ont été définies comme résister à son environnement ou encore générer du retour sur investissement. L'ensemble des fonctions est référencé dans le Tableau 10.

	Fonctions	Priorité	Critère	Mesure	Tolérance
F1	Transporter l'utilisateur d'un endroit à l'autre	1	Vitesse de croisière	> 30 km/H	Plus ou moins 1km/h
F2	Répondre aux attentes de l'utilisateur en matière de performances	1	Masse	<20 kg	Plus ou moins 2 kg
F3	Respecter les processus, méthodes et outils de fabrication	2	Temps d'assemblage	<25 min	Plus ou moins 2 min
F4	Résister aux conditions environnementales (soleil, pluie...)	2	Utilisation de matériaux recyclés	>30%	Plus ou moins 5%
F5	Avoir un faible impact sur l'environnement (durabilité et image)	2;3	Taux de cyclisme de l'EoL ; NA	>50%	Plus ou moins 5%
F6	Être abordable en termes de prix	3	RC	<1000€	Plus ou moins 20€
F7	Générer un retour sur investissement	3	NRC	<50 RC	Plus ou moins 1 RC
F8	Respecter les règles de sécurité	4	NA		
F9	Être disponible en 2023	5	NA		
F10	Prendre en charge les accessoires	6	NA		
F11	Respecter les règles de maintenance	7	NA		

Tableau 10 : Analyse Fonctionnelle

4.5.2. Détermination des solutions techniques

La caractérisation des fonctions qui doivent être remplies par le produit permet de déterminer des solutions techniques. En effet, les solutions techniques sont issues de l'Analyse Fonctionnelle puis de phases de brainstorming. Nous nous appuyons sur l'hypothèse qu'il existe une solution à chaque fonction proposée par l'Analyse Fonctionnelle.

Or, les étapes de compréhension de la situation ont permis de comprendre non seulement quels sont les Critères de Valeur les plus importants (impact écologique et impact sur le territoire) mais aussi de comprendre que le marketing et la société sont les Parties Prenantes qui sont les plus influentes sur ces sujets. Il est donc possible de gérer l'ensemble de cette phase d'analyse fonctionnelle en fonction des Critères de Valeur. Cela influencera la détermination et la caractérisation des solutions techniques. En effet, la personne en charge de mener la démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable peut jouer sur ces éléments comme des leviers / freins dans sa gestion du projet.

Pour nos vélos, on a les solutions suivantes qui sont définies par le groupe de travail :

- A. Un vélo avec un cadre en bois ;
- B. Un vélo avec un cadre en acier ;
- C. Un vélo avec un cadre en aluminium ;
- D. Un vélo avec un cadre en carton ;
- E. Un vélo avec un cadre en carbone.

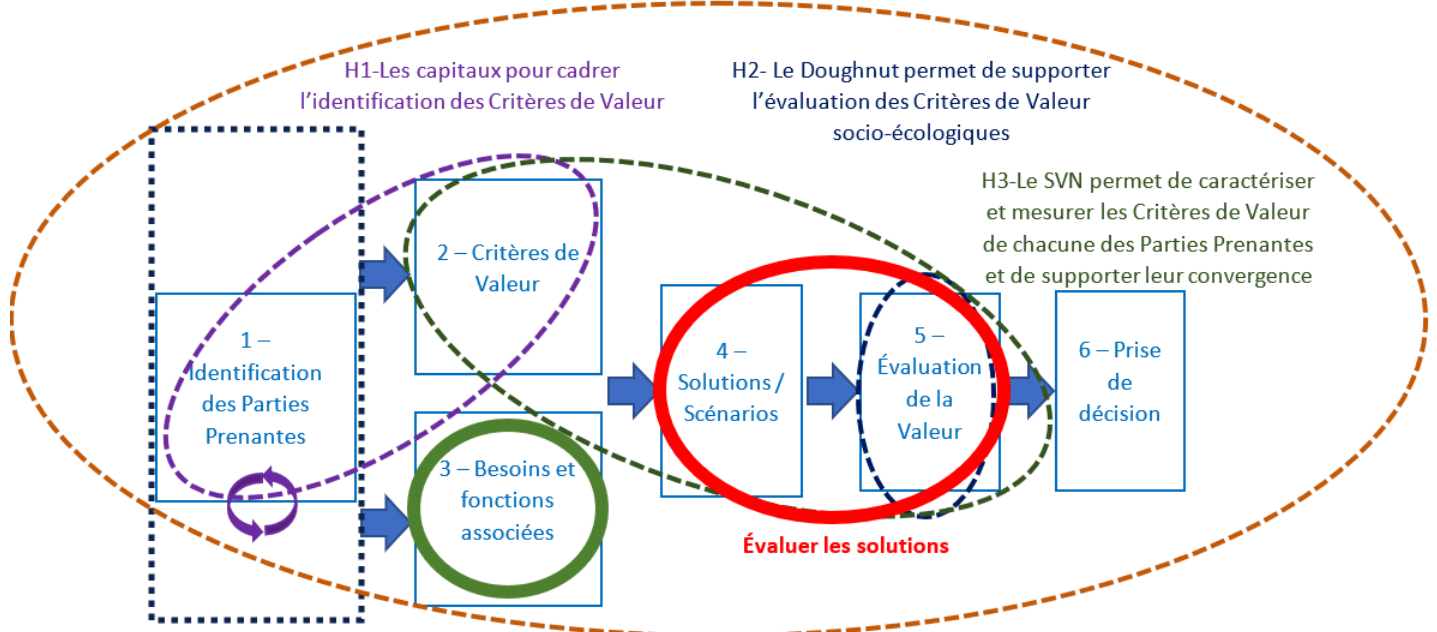
Les diverses solutions ci-dessus doivent être comparées sur des critères communs afin de pouvoir déterminer lesquelles ont le plus de valeur pour les Parties Prenantes. Ainsi, l'étape suivante consiste à comparer ces différentes solutions sur la base de critères techniques (réponse fonctionnelle des différents vélos), économiques (réponse financière des différents vélos), écologiques et sociaux.

4.6. Détermination de la Valeur du projet, selon les Parties Prenantes, dans une situation donnée

Pour intégrer les Parties Prenantes dans le processus de conception, nous avons vu que les Parties Prenantes doivent converger (chapitre 1). Pour cela, elles utilisent une référence commune, la Valeur. Dans cette étape, on cherche à comprendre quelle est la valeur perçue du produit selon les Parties Prenantes. Pour cela, l'ensemble des cadres conceptuels sont mobilisés. En effet, l'Analyse de la Valeur Soutenable s'appuie sur l'Analyse de la Valeur pour intégrer les Parties Prenantes dans le processus de conception ; ce sont les capitaux qui permettent d'identifier in fine les Critères De Valeur des Parties Prenantes, autrement dit la situation dans laquelle évoluent ces Parties Prenantes. Le cadre conceptuel du Doughnut est mobilisé dans cette section afin d'évaluer la valeur socio-écologique du projet. On cherche à comprendre quel est le ressenti des Parties Prenantes concernant la valeur du projet. L'hypothèse qui est faite dans cette section est que la mobilisation des différents cadres conceptuels permet d'avoir une méthodologie qui permet l'évaluation de la valeur perçue par les Parties Prenantes, l'Analyse de la Valeur Soutenable. Les questions à se poser dans cette étape sont « Le projet répond-il aux différents Critères de Valeur des Parties Prenantes ? »

Cette sixième étape permet de déterminer la Valeur du projet, c'est-à-dire d'être capable d'évaluer différents scénarios (cf Figure 28). Il en résulte un support de décision décrit dans la section suivante.

H4-L'Analyse de la Valeur Soutenable permet aux praticiens d'intégrer les enjeux de soutenabilité



Légende :






-  Itérations quant à l'identification des Parties Prenantes
-  Situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes
-  Étapes concernées par les hypothèses
-  Approches fonctionnelles qui adressent les enjeux écologiques
-  Étapes d'intérêt dans cette section

Figure 28 : Étape d'évaluation des différentes solutions

4.6.1. Évaluation de la Fonction Technique

L'analyse fonctionnelle (4.5.1) a permis de déterminer des fonctions que le produit doit accomplir. Dans cette première section d'évaluation, on revient sur l'évaluation de chacune des solutions par rapport à cette valeur. On se base pour cela sur l'expertise des membres présents dans le groupe de travail et des données disponibles.

Pour le cas des vélos, on a une notation entre 1 et 5 de la réponse fonctionnelle de chacune des alternatives (Figure 29) :

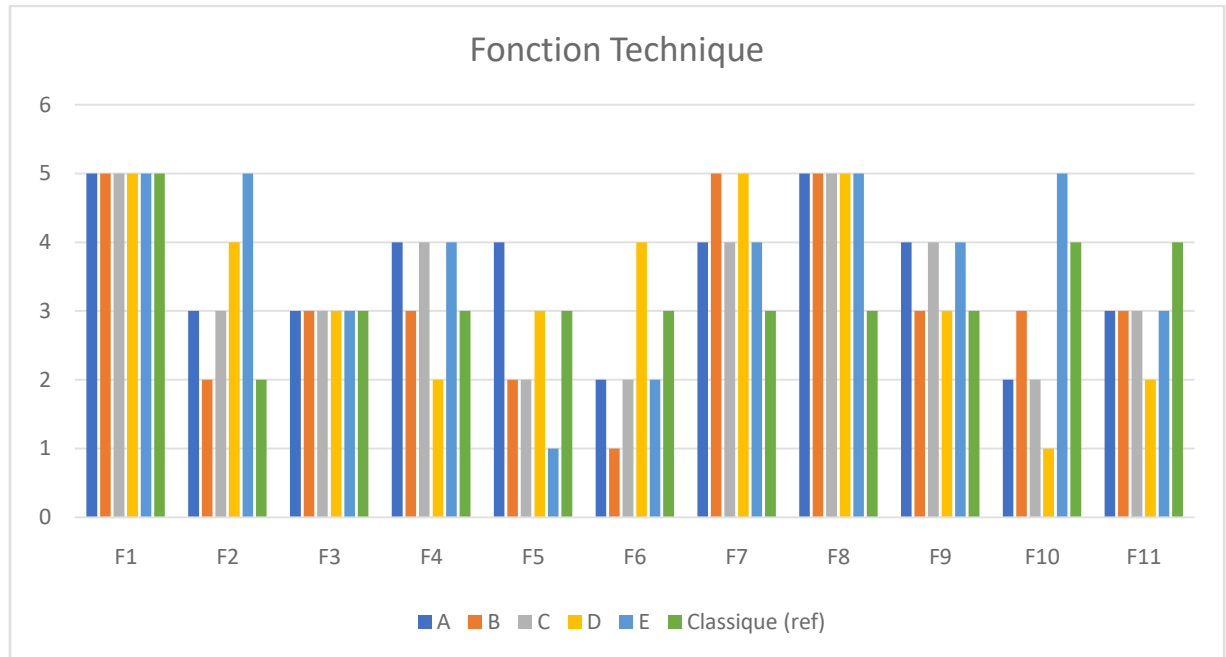


Figure 29 : Étape d'évaluation fonctionnelle des différentes solutions

4.6.2. Évaluation du Coût Financier

L'évaluation financière n'est pas développée dans cette thèse. On se base sur les expertises existantes pour donner des estimations de coûts de chacune des solutions. On se base pour cela sur l'expertise des membres présents dans le groupe de travail et des données disponibles comme illustré dans la Figure 30 :

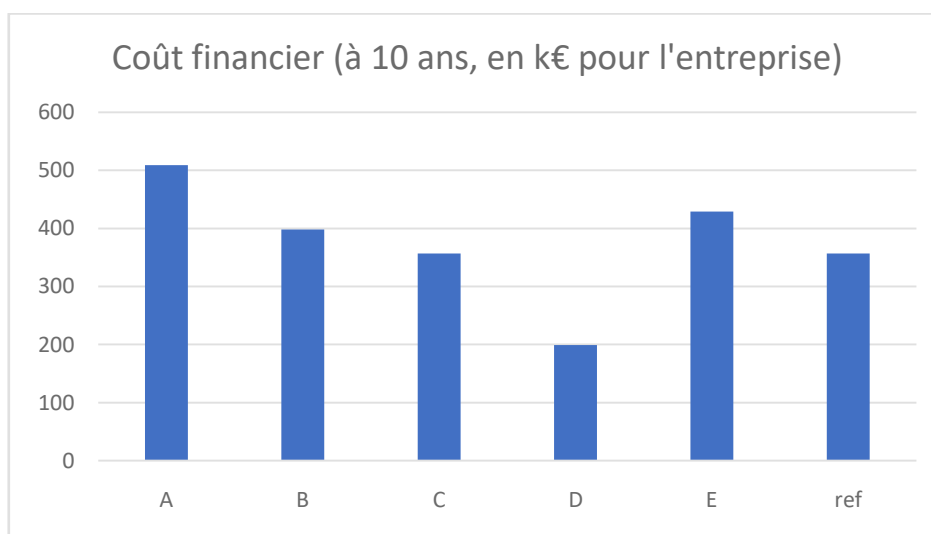


Figure 30 : Étape d'évaluation financière des différentes solutions

4.6.3. Évaluation de la Fonction Sociale

Après avoir évalué les solutions d'un point de vue technique (4.6.1) et financier (4.6.2), on s'intéresse à la dimension sociale. Dans cette étape d'évaluation, on va chercher à évaluer les critères (sociaux) du Doughnut en se basant sur les Critères de Valeur. On se base pour cela sur l'expertise des membres présents dans le groupe de travail et des données disponibles en se basant sur la partie interne du Doughnut (Raworth 2012). En effet, on a vu (4.4.1) que l'impact social est un enjeu important. Les membres du groupe de travail ont convergé vers la qualification des enjeux de santé par exemple. Ce choix est justifié par la possibilité d'accéder aux services de santé via des vélos abordables dans des zones rurales et peu desservies par des moyens de transport. Le choix du critère éducation s'explique par la phase de conception des vélos : dans certains pays, l'accès à l'éducation est compliqué et le vélo peut aider certaines populations à se déplacer. Le vélo n'a aucune incidence sur l'accès à l'électricité, le groupe de travail a donc choisi d'écarter cet indicateur. Ainsi, on effectue le lien entre les Critères de Valeur et le Doughnut afin d'évaluer ceux qui sont les plus adaptés.

Pour le cas des vélos, on a une notation entre 1 et 5 de la réponse sociale de chacune des alternatives (Tableau 11) :

Dimension	Illustrative indicators (% of global population unless otherwise stated)	%	Year	Data source	Évaluation du groupe de travail					
					Référence	A	B	C	D	E
Food	Population undernourished	11	2014-16	FAO	0	0	0	0	0	0
Health	Population living in countries with under-five mortality rate exceeding 25 per 1,000 live births	46	2015	World Bank	3	4	2	2	4	2
	Population living in countries with life expectancy at birth of less than 70 years	39	2013	World Bank	3	5	3	4	4	3
Education	Adult population (aged 15+) who are illiterate	15	2013	UNESCO	0	0	0	0	0	0
	Children aged 12-15 out of school	17	2013	UNESCO	2	5	4	4	5	4
Income & Work	Population living on less than the international poverty line of \$3.10 a day	29	2012	World Bank	3	4	3	3	4	3
	Proportion of young people (aged 15-24) seeking but not able to find work	13	2014	ILO	5			4	3	4
Water & Sanitation	Population without access to improved drinking water	9	2015	WHO/UNICEF	3	4	4	4	4	4
	Population without access to improved sanitation	32	2015	WHO/UNICEF		4	4	4	4	4
Energy	Population lacking access to electricity	17	2013	OECD/IEA	0	0	0	0	0	0
	Population lacking access to clean cooking facilities	38	2013	OECD/IEA	3	4	4	4	4	4
Networks	Population stating that they are without someone to count on for help in times of trouble	24	2015	Gallup	0	0	0	0	0	0
	Population without access to the Internet	57	2015	ITU		0	0	0	0	0
Housing	Proportion of global urban population living in slum housing in developing countries	24	2012	UN	0	0	0	0	0	0
Gender equality	Representation gap between women and men in national parliament	56	2014	World Bank	2	3	3	3	3	3
	Worldwide earnings gap between women and men	23	2009	ILO		3	3	3	3	3
Social equity	Population living in countries with a Palma ratio of 2 or more (the ratio of the income share of the top 10% of people to that of the bottom 40%)	39	1995-	World Bank	2	3	3	3	3	3
Political	Population living in countries scoring 0.5 or	52	2013	World Bank	2	4	4	4	4	4

voice	less out of 1.0 in the Voice and Accountability Index									
Peace & justice	Population living in countries scoring 50 or less out of 100 in the Corruption Perceptions Index	85	2014	Transparency	3	4	4	4	4	4
	Population living in countries with a homicide rate of 10 or more per 10,000	13	2008-13	UNODC	2	5	5	5	5	5

Tableau 11 : résultats bruts de l'évaluation de la valeur sociale du projet

Lorsque le groupe de travail a évalué les différents critères du Doughnut, il semble plus aisé de pouvoir interpréter des résultats graphiques (Figure 31).

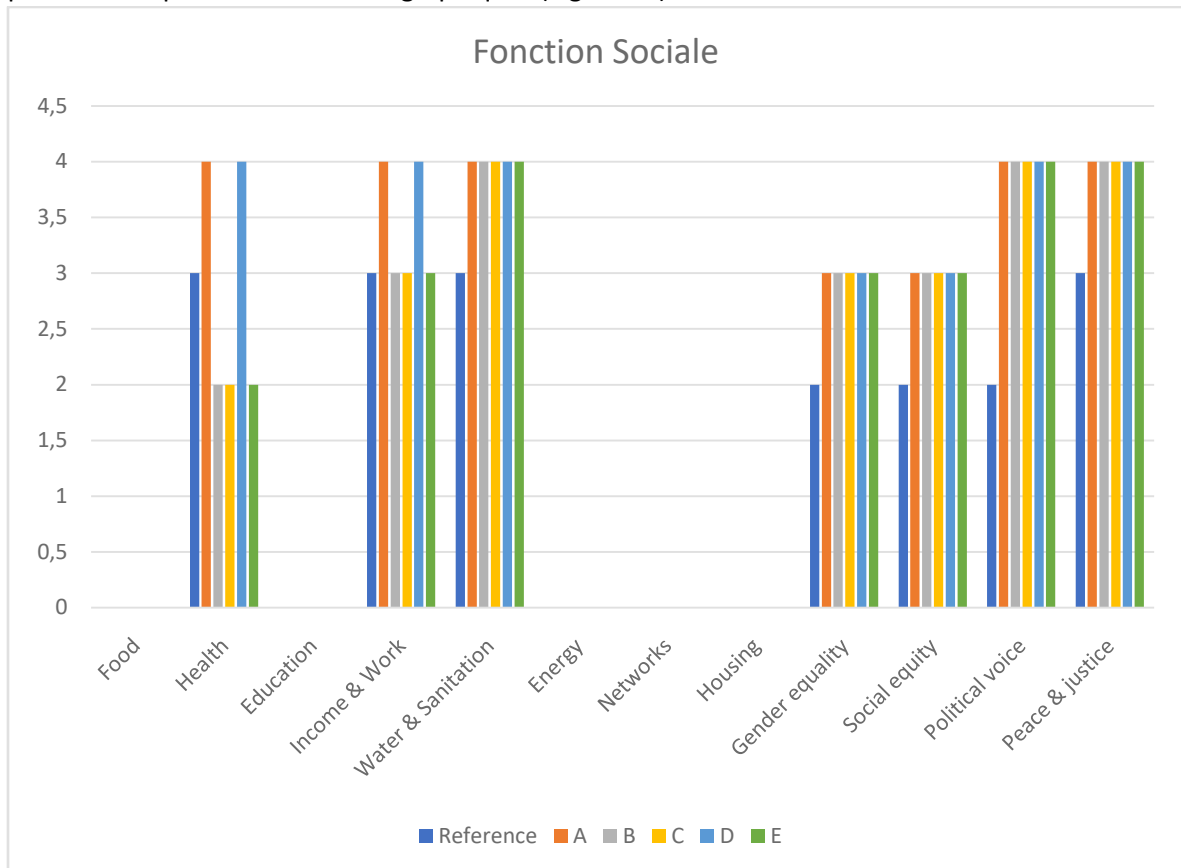


Figure 31 : Évaluation de la valeur sociale des différentes solutions

4.6.4. Évaluation du Coût Écologique

Après avoir évalué les solutions d'un point de vue technique (4.6.1), financier (4.6.2) et social (4.6.3), on s'intéresse à la dimension écologique. Dans cette étape il s'agit d'évaluer les critères (écologiques) du Doughnut en se basant sur les Critères de Valeur. On se base pour cela sur l'expertise des membres présents dans le groupe de travail et des données disponibles en se basant sur la partie interne du Doughnut (Raworth 2012). En effet, on a vu (4.4.1) que l'impact écologique est un enjeu important. Les membres du groupe de travail ont convergé vers la qualification des enjeux de changement climatique par exemple. Ce choix est justifié par la possibilité d'émettre peu de CO₂, entre autres, via l'utilisation d'un vélo. Il ne semble pas y avoir de lien entre vélo et acidification des océans, ce critère a donc été écarté. Le choix du critère éducation s'explique par la phase de conception des vélos : dans certains pays, l'accès à l'éducation est compliqué et le vélo peut aider certaines populations à se déplacer. Le vélo n'a aucune incidence sur l'accès à l'électricité, le groupe de travail a donc choisi d'écarter cet indicateur. Ainsi, on effectue le lien entre les Critères de Valeur et le Doughnut afin d'évaluer ceux qui sont les plus adaptés.

Pour le cas des vélos, on a une notation entre 1 et 5 de la réponse sociale de chacune des alternatives (Tableau 12) :

Earth-system pressure	Control Variable	Planetary boundary	Current value and trend	Current value as % of the planetary boundary	Évaluation du groupe de travail					
					Référence	A	B	C	D	E
Climate change	Atmospheric carbon dioxide concentration, parts per million	At most 350ppm	400ppm and rising (worsening)	169%	3	4	3	3	4	3
Ocean acidification	Average saturation of aragonite (calcium carbonate) at the ocean surface, as a percentage of pre-industrial levels	at least 80% of pre-industrial saturation levels	~84% (worsening)	78%	0	0	0	0	0	0
Chemical pollution	No global control variable yet defined	-	-	-	3	5	3	3	4	2
Nitrogen & phosphorus loading	Phosphorus applied to land as fertilizer, millions of tons per year	at most 6.2 million tons per year	~14 million tons per year and rising (worsening)	229%	0	0	0	0	0	0
	Reactive nitrogen applied to land as fertilizer, millions of tons per year	at most 62 million tons per year	~150 million tons per year and rising (worsening)	217%						
Freshwater withdrawals	Blue water consumption, cubic kilometres per year	at most 4000 km ³ per year	~2600 km ³ per year (intensifying)	61%	4	3	3	3	4	3
Land conversion	Area of forested land as a proportion of forest-covered land prior to human alteration	at least 75%	62% and shrinking (worsening)	152%	3	4	3	3	5	3
Biodiversity loss	Rate of species extinction per million species per year	at most 10	Around 100-1000 and rising (worsening)	1,00%	2	4	2	2	5	2
Air pollution	No global control variable yet defined	-	-	-	2	4	3	2	5	2
Ozone layer depletion	Concentration of ozone in the stratosphere, in Dobson Units	at least 275 DU	283 DU and rising (improving)	47%	0	0	0	0	0	0

Tableau 12 : résultats bruts de l'évaluation de la valeur écologique du projet

Lorsque le groupe de travail a évalué les différents critères du Donut, il semble plus aisé de pouvoir interpréter des résultats graphiques (Figure 32).

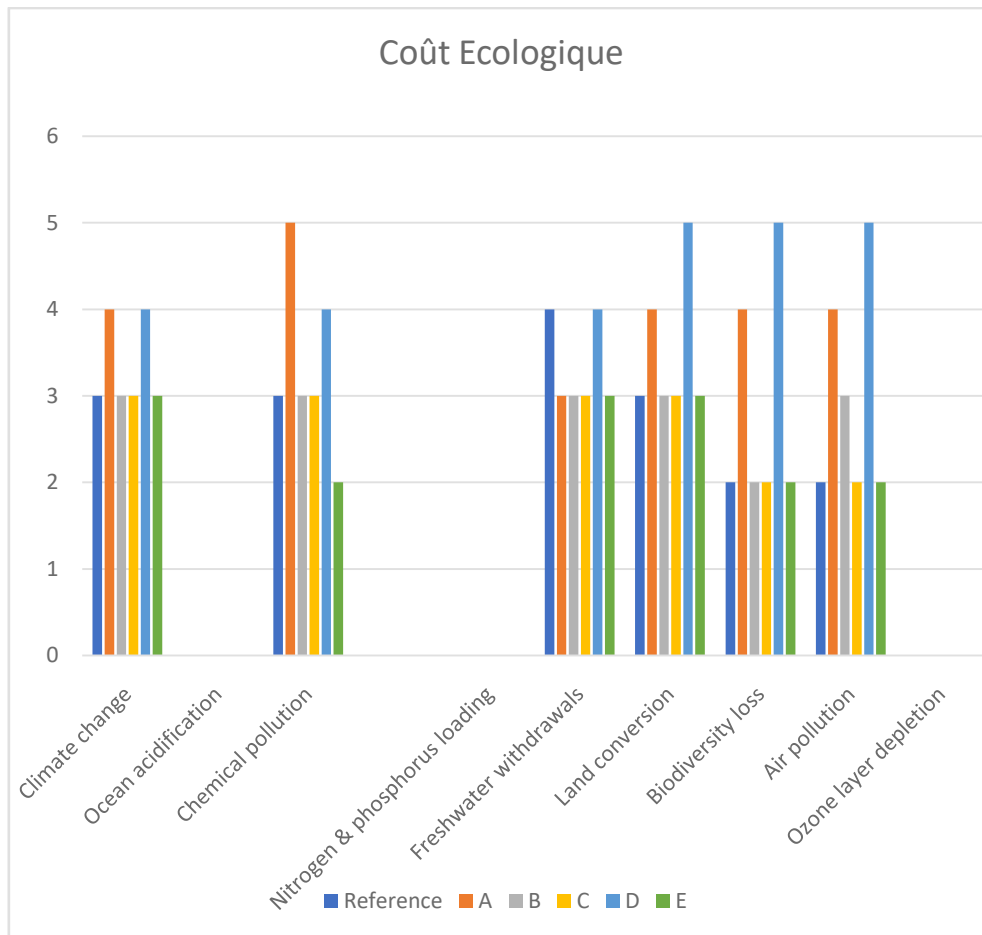


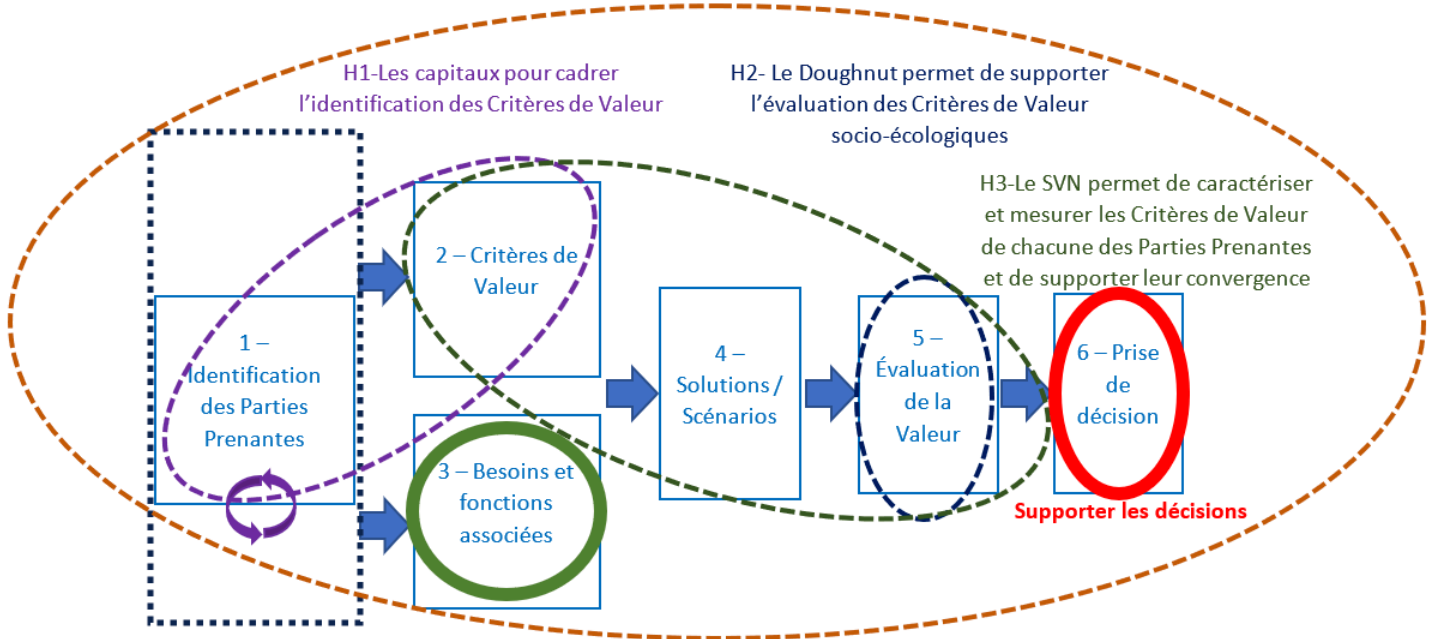
Figure 32 : Étape de la valeur écologique des différentes solutions

4.7. Construction d'un support d'aide à la décision : présentation des résultats d'Analyse de la Valeur Soutenable

La dernière étape de cette démarche d'Analyse de la Valeur est la présentation des résultats (cf Figure 33) : il s'agit d'aider les décideurs (concepteurs, managers, politiques) à prendre des décisions en s'appuyant sur les résultats obtenus. On représente, comme dans l'Analyse de la Valeur « classique », le ratio entre la « fonction » et le « coût ».

Les questions à se poser dans cette étape sont « Comment a été construite cette démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable ? Quelles conclusions en tire-t-on ? »

H4-L'Analyse de la Valeur Soutenable permet aux praticiens d'intégrer les enjeux de soutenabilité



Légende :






-  Itérations quant à l'identification des Parties Prenantes
-  Situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes
-  Étapes concernées par les hypothèses
-  Approches fonctionnelles qui adressent les enjeux écologiques
-  Étapes d'intérêt dans cette section

Figure 33 : Étape de support d'aide à la décision

4.7.1. Rapport pour étayer la prise de décision

L'ensemble du groupe de travail établit un **rapport** sur la **méthode déployée** et les **décisions prises**, il est de format et contenu libre mais doit permettre **d'étayer les prises de décision** : le présent chapitre (à partir du paragraphe 4.2) peut être utilisé à de telles fins.

4.7.2. Graphique synthétique

On propose d'établir un graphique final permettant de synthétiser la perception de la Valeur du projet, selon les Parties Prenantes. Nous proposons de représenter le ratio de la (moyenne du score obtenu pour la) « fonction » (technique et sociale) par rapport au (score moyen obtenu pour l'ensemble du) « coût » (financier et écologique) dans la Figure 34.

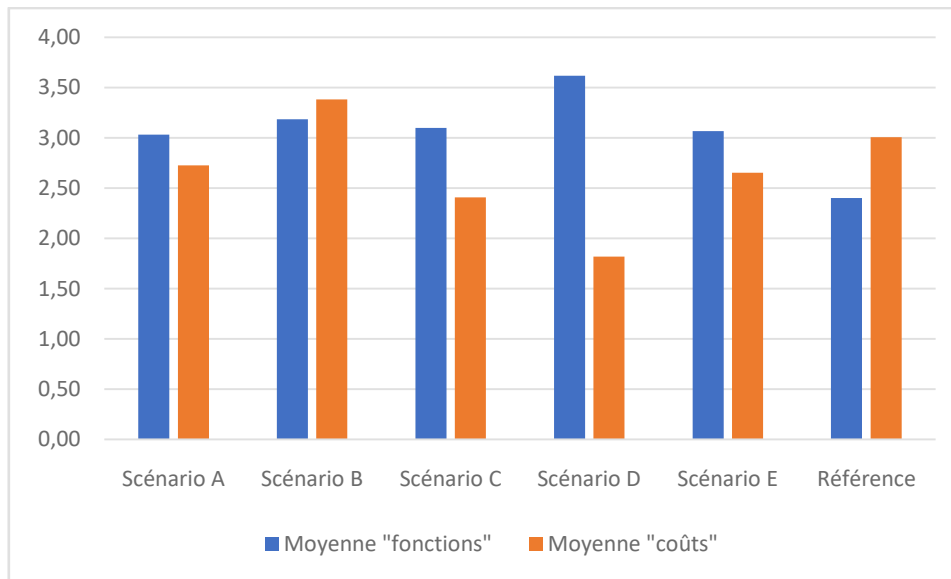


Figure 34 : Résultats d'une Analyse de la Valeur Soutenable pour l'exemple du vélo

Le support de décision proposé ici permet soit de relancer d'autres études (plus détaillées sur une ou plusieurs solutions : le vélo de référence est peu cher mais à un grand impact environnemental : c'est avec le vélo B (en fer), un des seuls qui a un ratio fonctions/coûts inférieur à 1. En revanche, les scénarios C (vélo en aluminium) et E (vélo en carbone) sont très proches) ; soit de faire un choix (le vélo D (en carton qui se détache ici assez nettement des autres)) et de passer à d'autres étapes de la conception du produit (conception détaillée).

4.8. Conclusion quant à la proposition d'un guide méthodologique pour opérationnaliser l'Analyse de la Valeur Soutenable

Le guide méthodologique est le support dédié aux experts en Analyse de la Valeur qui décrit l'Analyse de la Valeur Soutenable. Il s'agit de la phase d'opérationnalisation du cadre conceptuel construit tout au long des chapitres 1 à 3. En effet, ce guide méthodologique permet de décrire les différentes étapes de la méthodologie proposée durant la thèse de manière logique. Contrairement au cadre conceptuel qui permet de situer les différents cadres conceptuels les uns par rapport aux autres, le guide méthodologique permet d'avoir une logique temporelle.

En ce sens, il s'agit de l'opérationnalisation du cadre conceptuel proposé durant la thèse. Le chapitre suivant met en œuvre cette méthodologie pour évaluer son utilisabilité mais aussi sa capacité d'intégration des enjeux de soutenabilité par des praticiens d'Analyse de la Valeur.

Chapitre 5. Mises à l'épreuve de l'utilisabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable par sa mise en œuvre : vers l'intégration des enjeux de soutenabilité par les praticiens

Le chapitre 4 présente la proposition de la thèse : l'Analyse de la Valeur Soutenable qui est dédiée à des experts en Analyse de la Valeur. Cette proposition doit être mise à l'épreuve pour démontrer non seulement sa capacité à intégrer les enjeux de soutenabilité mais également qu'elle est utilisable de manière opérationnelle. L'hypothèse qui est faite est que l'Analyse de la Valeur Soutenable présentée dans le chapitre 4, qui repose sur les cadres conceptuels présentés dans les chapitres 1 à 3, permet de comprendre comment est définie la valeur perçue d'un individu par rapport à une situation donnée et ainsi de caractériser la valeur soutenable d'un projet (H4, Figure 22). Ceci permet de répondre à notre problématique : **comment caractériser et mesurer des Critères de Valeur de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception ?**

5.1. Méthodologie de mise à l'épreuve

Pour mettre à l'épreuve la méthodologie, on cherche à évaluer la différence de perception de la valeur des Parties Prenantes d'un projet. Pour cela, la première idée est de mettre en place une démarche expérimentale comparative avec et sans la proposition de la thèse. Cependant, une comparaison de l'Analyse de la Valeur par rapport à l'Analyse de la Valeur Soutenable n'a pas de sens. En effet, le principe même d'une Analyse de la Valeur repose sur le travail collaboratif de diverses Parties Prenantes. Or, pour faire deux démarches et les comparer, ces Parties Prenantes devraient soit être identiques (et il y aurait un biais sur les résultats) soit il faudrait renouveler le panel de Parties Prenantes et ... les résultats ne seraient pas comparables.

La comparaison n'étant pas pertinente, la validation par des experts semble être une solution qui permet de faire une validation externe de la proposition (Le Dain, Blanco, and Summers 2013). En effet, si le cadre théorique proposé tout au long des chapitres 1 à 3 permet de mettre à l'épreuve scientifiquement la validité interne (par la littérature), c'est « par le terrain » que l'on vient montrer que la démarche proposée est légitime (validité externe) (Le Dain et al. 2013). Pour cela, différents tests sont effectués avec des experts en Analyse de la Valeur ou des concepteurs. À cela vient s'ajouter des légitimations industrielles : mises en place de démarches d'outillage de la méthodologie, valorisation de l'Analyse de la Valeur dans les communications internes et externes. Dans les sections 5.1.1 à 5.1.4, on présente globalement le déroulé du processus mis en place pour légitimer l'approche avant de passer au détail des tests (partir de 5.2).

5.1.1. Une démarche de légitimation auprès d'experts et de professionnels

Pour montrer que la méthodologie d'Analyse de la Valeur Soutenable permet de comprendre la valeur perçue d'un individu par rapport à une situation donnée, il faut que des experts en Analyse de la Valeur soient confrontés à une situation d'Analyse de la Valeur Soutenable. Pour cela, la situation idéale est de tester l'Analyse de la Valeur Soutenable sur plusieurs cas d'étude et d'en tirer des conclusions. Cependant, le travail de thèse se fait dans un cadre de temps limité. Ainsi, plusieurs expérimentations ne sont pas envisageables. À cela s'ajoute la contrainte des professionnels : effectuer une Analyse de la Valeur Soutenable, sur un projet type, prendrait (d'après nos premières estimations et même sur un cas simplifié) plus de 10 heures. Cette

contrainte nous a poussé à penser la démarche sous forme d'ateliers. En effet, les ateliers permettent de mettre les experts dans diverses situations choisies.

5.1.2. Différentes situations de mise à l'épreuve

Après avoir construit le cadre théorique, le premier questionnement était : est-ce que notre proposition est pertinente pour des experts en Analyse de la Valeur ? Pour tester ce premier questionnement, et ajuster la proposition en conséquence, nous avons effectué un premier test qui consiste à mettre à l'épreuve le cadre conceptuel tel que synthétisé dans la Figure 22. Pour cela, des experts en Analyse de la Valeur se sont penchés sur les normes françaises existantes ainsi que leurs propres méthodologies pour positionner les éventuels apports et limites de l'Analyse de la Valeur Soutenable (voir paragraphe 5.2). Après avoir reçu un avis (positif) d'experts en Analyse de la Valeur sur ce cadre conceptuel, la mise à l'épreuve s'est déroulée en plusieurs ateliers (voir paragraphes 5.3 et 5.4). En effet, la proposition de cette thèse est dédiée à des praticiens. Cela se traduit par la proposition d'une guideline qui permet de mettre en forme les actions à suivre pour le bon déroulement de la démarche. Ainsi, le choix d'ateliers a été fait en se basant sur divers éléments : 1) le temps contraint pour effectuer les tests (le temps accordé par les praticiens : un créneau de 4h maximum pouvait être accordé par ceux-ci) et 2) la possible perspective d'avoir une demande de formation en entreprise / université pour cette méthodologie (on sait en effet par (Dunberry and Péchard 2007) que les formations sous forme d'ateliers sont un moyen efficace et simple de former des professionnels en entreprise).

- 1) Un atelier « Doughnut » pour mesurer la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet (paragraphe 5.3). Cet atelier permet de tester l'hypothèse H2, Figure 22 (chapitre 4).
- 2) Un atelier « Concepteurs » pour mesurer l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable (paragraphe 5.4). Cet atelier permet de tester l'hypothèse H4 de la Figure 22 (chapitre 4).

Les résultats des différents tests sont détaillés avant d'être discutés (paragraphe 5.2). À ces différents tests s'ajoute une démarche de légitimation par l'industriel financeur de la thèse qui est détaillée dans la section suivante.

5.1.3. Une appropriation de la méthodologie par l'industriel porteur de la thèse

Pour donner suite aux différentes mises à l'épreuve effectuées, l'industriel porteur de la thèse s'est emparé de travaux de recherche effectués durant la thèse afin d'outiller la proposition méthodologique. Il s'agit de la construction d'un support pour aider les praticiens d'Analyse de la Valeur. Ainsi, la guideline ou encore les supports de formation construits durant la thèse ne sont pas des outils pour la mise en pratique de l'Analyse de la Valeur Soutenable. C'est pourquoi l'industriel souhaite dans un premier temps construire un modèle du processus que les experts doivent suivre. Puis, à partir de cette modélisation sous forme de processus, effectuer un outillage informatique. À l'heure de l'écriture de cette thèse, la mise en forme des processus est en cours : une connaissance accrue des différents processus demande une compréhension voire une prise en main par l'expert afin d'être maîtrisée. La modélisation sous forme de processus est effectuée conjointement par l'expert en Analyse de la Valeur avec un ingénieur qui maîtrise certains outils de modélisation. Le doctorant (Alexis Lalevée) est en support pour la modélisation : il aide les praticiens à comprendre la méthodologie. Il agit en tant qu'observateur de la situation de prise en main de la méthodologie. Dans la pratique, l'Analyse de la Valeur Soutenable a été découpée en plusieurs blocs (en suivant la guideline) que les praticiens relient par des actions à mener (nous n'insérons pas de représentation de ces éléments dans le manuscrit de thèse pour des raisons de confidentialité des travaux en cours).

Cela donne lieu à des discussions et des ajustements : le doctorant cherche à comprendre en quoi sa proposition n'est pas comprise/applicable en l'état par les personnes qui la manipulent. Outre les processus de modélisation et d'outillage, des actions sont menées afin d'automatiser la recherche de données, à l'aide d'Intelligence Artificielle par exemple. Des discussions sont à l'heure de l'écriture de ce manuscrit en cours.

Enfin, l'intérêt de l'industriel est souligné par les diverses communications internes (non diffusables) et externes autour de l'Analyse de la Valeur Soutenable : la méthodologie a été présentée lors des journées nationales du Project Management Institute, un des rendez-vous majeurs des prestataires en gestion de projet³.

5.1.4. Conclusion quant à la mise à l'épreuve de la thèse

Nous avons pu voir dans ce premier paragraphe que la mise à l'épreuve de cette thèse vise à valider la démarche (qu'elle soit interne ou externe). Différents ateliers visent à démontrer la pertinence de la proposition méthodologique. L'intérêt de l'industriel quant à l'Analyse de la Valeur Soutenable vient appuyer l'apport industriel.

Dans la section qui suit, le passage entre la construction du cadre théorique et la mise à l'épreuve sous la forme d'ateliers est présenté. En effet, après avoir construit le cadre théorique, le premier questionnement était : est-ce que notre proposition est pertinente pour des experts en Analyse de la Valeur ?

5.2. Résultats et discussions sur les apports potentiels de l'Analyse de la Valeur Soutenable

Une première mise à l'épreuve de la proposition consiste à valider l'hypothèse que le cadre théorique proposé dans le chapitre 3 permet d'intégrer les enjeux de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur (hypothèse 4). Cette mise à l'épreuve permet de confronter cadre théorique et pratiques d'Analyse de la Valeur (à qui est destinée l'Analyse de la Valeur Soutenable). Pour cela, une comparaison des apports théoriques de l'Analyse de la Valeur Soutenable par rapport aux méthodologies existantes, telles qu'elles sont pratiquées au sein de deux industries. Le point de comparaison est les normes telles que proposées dans le référentiel français. La méthodologie de comparaison est décrite ci-dessous.

5.2.1. Méthodologie de comparaison des différentes pratiques d'Analyse de la Valeur

La comparaison a pour objectif de montrer les points forts et limites des différentes pratiques d'Analyse de la Valeur et de positionner ce que pourrait apporter, en théorie, l'Analyse de la Valeur Soutenable. Elle se base sur les pratiques d'Analyse de la Valeur (2 industriels) et un référentiel commun qui est maîtrisé par ces praticiens : les normes françaises (FD X50-153:2009-09 2009; NF EN 1325:2014-04 2014; NF X50-152:2007-09 2007).

Les praticiens doivent positionner leurs pratiques de l'Analyse de la Valeur par rapport à cette référence (« point zéro »). Parmi les personnes présentes, étaient représentées : un grand groupe industriel ayant développé une démarche spécifique, une personne d'une entreprise de conseil en ingénierie et le chercheur ayant développé l'Analyse de la Valeur Soutenable. Voyons les points de comparaison qui ont été déterminés.

³[Les rencontres du PMI](#)

5.2.2. Points de comparaison

Après avoir choisi un référentiel commun, il a fallu déterminer des points de comparaison. Nous nous sommes alors basés sur la littérature. L'Analyse de la Valeur peut être découpée en 5 étapes (Fernandes 2012, 2015; Spaulding, Bridge, and Skitmore 2005). Ensuite, nous nous sommes intéressés aux objectifs de la méthode en se basant sur (Fernandes 2015). Concernant l'utilisation et la définition de la Valeur, ce sont les normes qui ont été utilisées tout comme pour l'outillage et les perspectives d'évolution (FD X50-153:2009-09 2009; NF EN 1325:2014-04 2014; NF X50-152:2007-09 2007). Enfin, et c'est le point central de notre étude, nous nous sommes intéressés aux enjeux de soutenabilité en nous appuyant sur (Kostalova and Tetreva 2014; Maznan et al. 2012; Seymour and Hussein 2014). Ces indicateurs ont été approuvés par les experts ayant effectués la comparaison. La section suivante permet de décrire la méthode d'évaluation qui a été utilisée.

5.2.3. Méthodologie d'évaluation des différentes phases d'Analyse de la Valeur

Il s'agit d'une comparaison relative : on cherche à positionner les pratiques de chacun (ou mise en pratique théorique pour l'Analyse de la Valeur Soutenable) par rapport aux normes françaises. Ce choix s'explique par 1) la connaissance commune des différents experts des normes et 2) la non-standardisation de la démarche d'Analyse de la Valeur au niveau international et une adaptabilité dans les applications (Fernandes 2015). Les discussions entre experts⁴ ont conduit à déterminer une échelle allant de « --- », la démarche présente des limites majeures par rapport à l'existant à « +++ », la démarche représente un apport majeur par rapport à l'existant. Il s'agit de la note attribuée par l'expert, pour chaque critère, par rapport à la référence (norme). Afin de faciliter l'exploitation des résultats, un chiffrage a par la suite été effectué « --- » correspondant à « -3 » et « +++ » correspondant à « +3 » (cf Figure 35).

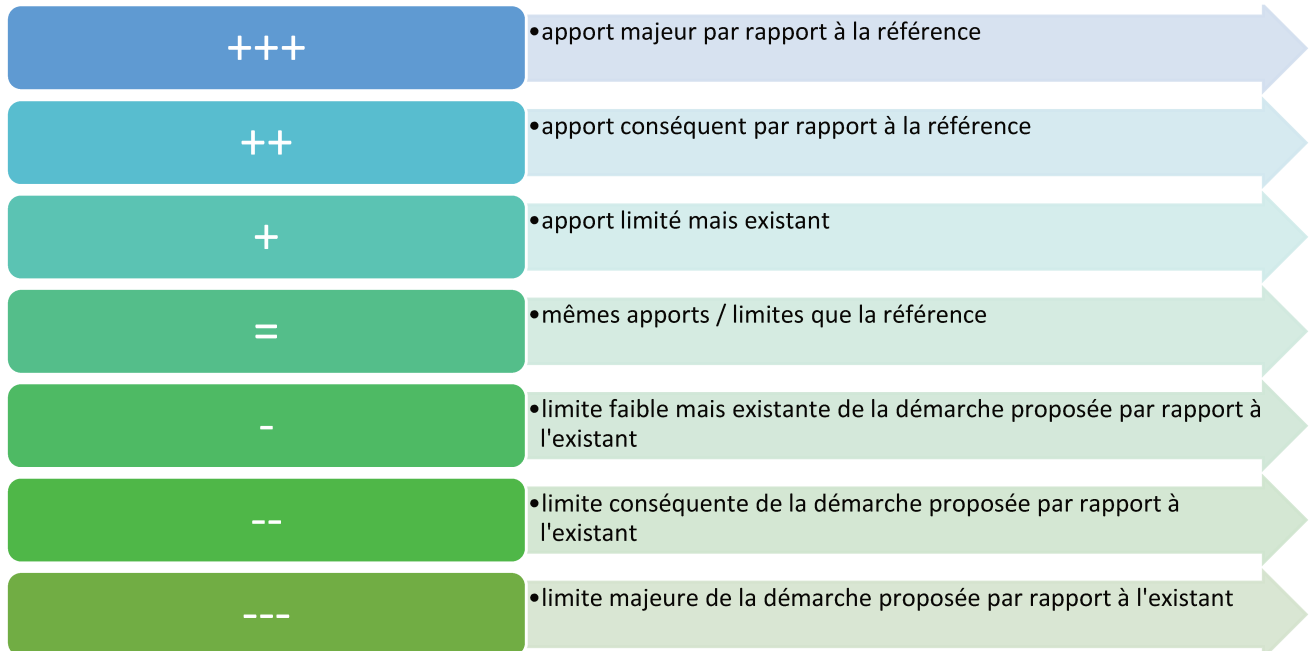


Figure 35 : Échelle d'évaluation des apports théoriques de l'Analyse de la Valeur Soutenable

⁴ Les données brutes issues des discussions sont disponibles dans le fichier qui comporte également les résultats ([Comparaison méthodologies AV - thèse Alexis Lalevée](#))

5.2.4. Analyse des apports potentiels du cadre conceptuel d'Analyse de la Valeur Soutenable

On peut noter via une observation macroscopique des résultats (Figure 36) que la méthode d'Analyse de la Valeur Soutenable se distingue des 2 autres méthodologies puisqu'elle semble avoir un score supérieur à quasiment tous les critères de comparaison que toutes les autres méthodologies. Une première analyse visuelle permet également de voir que la pratique d'Analyse de la Valeur, chez l'un des industriels est confondue avec la référence que sont les normes existantes. Cela se traduit dans les faits par une méthodologie qui suit scrupuleusement les normes. Il faut entrer dans le détail de chacune des catégories identifiées afin d'en extraire une synthèse permettant de comprendre les résultats obtenus. Notons que les échanges et les données récoltées sont disponibles en ligne : <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10628296>.

5.2.4.1. *Les différentes étapes*

On peut voir que ce sont dans les différentes étapes de la méthodologie d'Analyse de la Valeur qu'il y a le plus de variations dans les pratiques (1, Figure 36). En effet, bien que celles-ci soient normées, ce sont elles qui sont les plus sujettes à interprétation dans la mise en pratiques. On peut voir par exemple que l'identification des Parties Prenantes, bien que sujet sensible, ne semble différer que légèrement de la norme. En revanche, l'Analyse de la Valeur Soutenable se distingue dans le cadrage de leurs besoins étant donné une approche par les capitaux. Au contraire, elle ne semble pas avoir d'impacts (négatifs ou positifs) sur les aspects fonctionnels. On peut s'apercevoir que l'analyse fonctionnelle est au mieux pratiquée tel que le recommande la norme et au pire est appliquée de manière dégradée.

5.2.4.2. *Les objectifs de l'Analyse de la Valeur*

On peut voir qu'une fois encore, c'est l'Analyse Fonctionnelle qui semble, dans le meilleur des cas, respecter les normes de l'Analyse de la Valeur (2, Figure 36). Il existe dans l'Analyse de la Valeur Soutenable une réelle prise en compte, et nous le verrons dans le critère dédié, des enjeux de soutenabilité. En effet, elle se retrouve jusque dans les objectifs de celle-ci. Contrairement aux deux autres méthodes, l'objectif de réduction des coûts n'est pas financier ou monétarisé pour l'intégrer dans les calculs. Les aspects socio-écologiques sont tangibles et intégrés à l'ensemble du cycle de vie via les Parties Prenantes. Les contraintes sont quant à elle cadrées par le concept de « Doughnut », ce qui permet d'avoir un cadre global de réflexion.

5.2.4.3. *Le calcul et l'utilisation de la valeur (2 catégories regroupées)*

Si on prend le calcul en soi et son utilisation, on peut s'apercevoir que l'Analyse de la Valeur Soutenable se distingue 1) par les composantes socio-écologiques qui sont incluses de manière simple mais complète et 2) que bien qu'étant sur le même principe de mise en « balance », elle permet d'avoir une vision élargie des enjeux d'un projet. Elle est dans cette logique de représentation puis d'utilisation du concept de Valeur totalement en rupture avec les normes et donc les pratiques « conventionnelles » (3, Figure 36)

5.2.4.4. *L'interface entre les étapes de conception*

L'interface entre les étapes et leur intégration est un des points faibles de l'Analyse de la Valeur Soutenable. Bien qu'elle semble claire, la mise en œuvre et le retour d'expérience manque pour pouvoir se positionner. Elle permet, à priori, de s'intégrer aux démarches et outillages existants et une interface avec l'Ingénierie Système, semble envisageable d'après l'un des experts. Cela reste à confirmer dans la mise en pratique (4, Figure 36).

5.2.4.5. *La Soutenabilité*

Il s'agit du critère le plus important puisqu'il correspond à l'objectif des travaux de recherche initiés via la thèse (5, Figure 36). Effectivement, l'objectif initial est d'introduire cet enjeu de soutenabilité encadrant les indicateurs du projet. On peut remarquer d'abord que, dans cette catégorie, l'Analyse de la Valeur Soutenable obtient un score supérieur ou égal aux deux autres méthodologies à laquelle on la compare. On peut même voir que le score est supérieur sauf pour 2 indicateurs que sont « Intégration des différentes Parties Prenantes et de leurs besoins » et « Inclusion de toutes les phases du cycle de vie du projet » pour lesquels le score de la démarche est égal à celui de la démarche déployée chez un industriel partenaire. Cette égalité s'explique par le fait que, contrairement aux autres indicateurs que nous discuterons plus tard, ces indicateurs-ci sont liés à la démarche en elle-même et à l'objectif de celle-ci. C'est d'ailleurs pour ces raisons que nous retrouvons ces indicateurs dans deux critères avec des notations qui diffèrent. Pour les autres indicateurs, on peut remarquer que la démarche permet de cadrer les besoins et indicateurs pour intégrer la soutenabilité et avoir une réflexion sur la soutenabilité en introduisant les capitaux et les différences de soutenabilité (faible vs forte).

5.2.4.6. *L'outillage*

Les comparaisons en termes d'outillage sont complexes (6, Figure 36). Chaque entreprise développe des outils spécifiques à son domaine et propre à ses pratiques. Nous n'allons ainsi pas faire de comparaison à proprement dite mais allons lever quelques leviers possibles :

- Un outil générique ne serait-il pas pertinent pour cadrer l'Analyse de la Valeur voire l'Analyse de la Valeur Soutenable ?
- Existe-t-il un marché pour l'outillage des Analyses de la Valeur ?
- Faut-il rester dans le marché de niche de l'Analyse de la Valeur ou généraliser l'outillage à l'introduction des enjeux socio-écologiques dans les méthodes de conception et/ou de gestion de projets ?

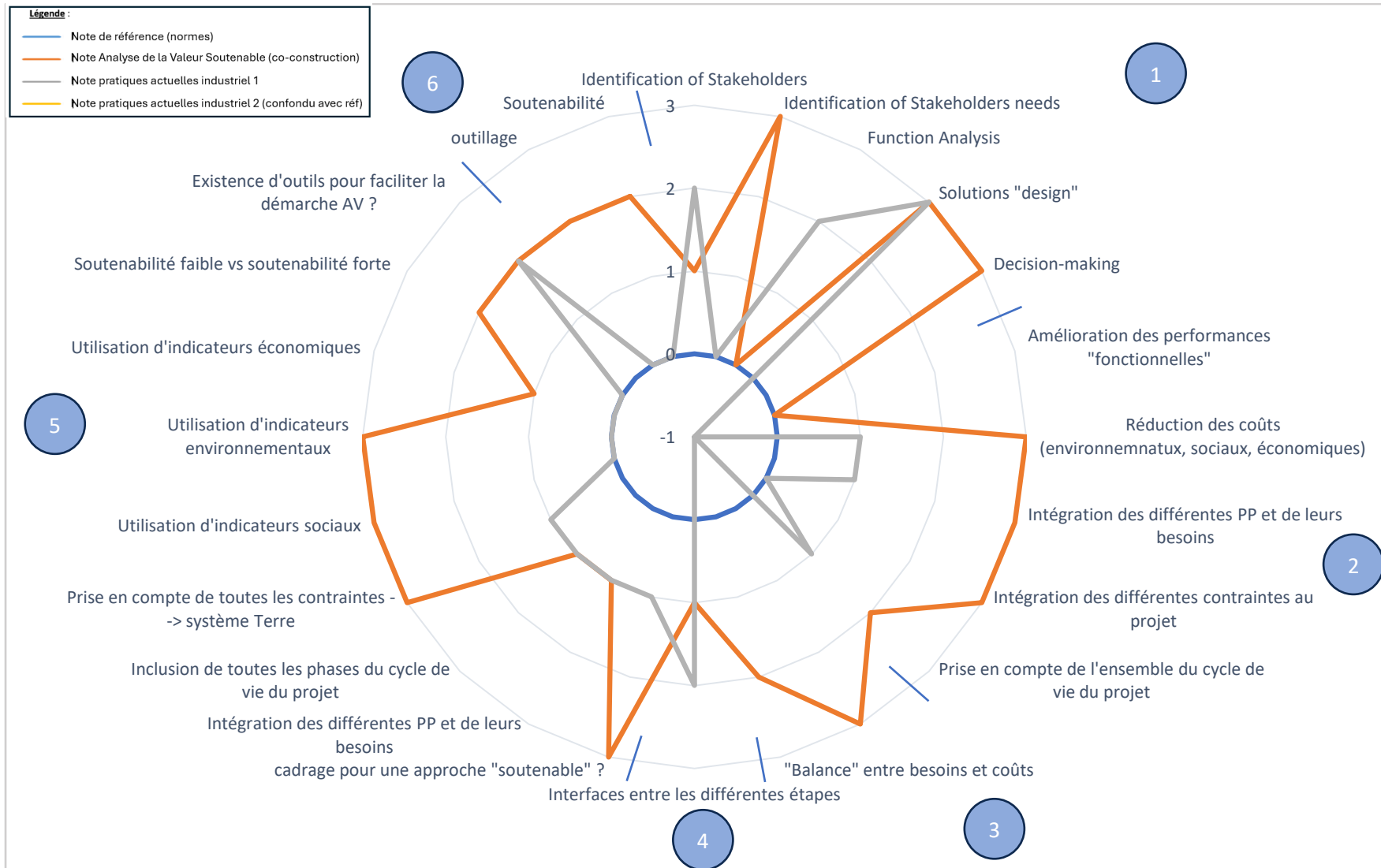


Figure 36 : Comparaison théorique des pratiques d'Analyse de la Valeur chez Assystem Project Management, un industriel partenaire ainsi que du potentiel théorique de l'Analyse de la Valeur Sustainable

5.2.4.7. Discussions quant à la comparaison des pratiques d'Analyse de la Valeur

Une première mise à l'épreuve du cadre théorique avec des experts en Analyse de la Valeur vient montrer qu'il s'agit d'un cadre qui semble pertinent et qui semble apporter des éléments pour l'intégration des dimensions socio-écologiques dans un contexte d'Analyse de la Valeur. Pour donner suite à ce premier constat, il a fallu tester la mobilisation des différents cadres. Pour cela, une mise à l'épreuve sous forme d'ateliers permet d'avoir des expertises. Ces expertises ont été menées sur deux ateliers : avec d'un côté des concepteurs expérimentés et de l'autre, des assistants à maîtrise d'ouvrage, dont des experts en Analyse de la Valeur ; et dans le second avec des assistants à maîtrise d'ouvrage et des étudiants (niveau bac+5).

Les experts en Analyse de la Valeur sont la cible opérationnelle des travaux de cette thèse. Ainsi, la mise à l'épreuve s'est portée sur le guide méthodologique, qui reprend de manière opérationnelle l'Analyse de la Valeur Soutenable qui est proposée durant cette thèse. Dans ce contexte, les résultats obtenus doivent être contextualisés. Ils reflètent une expertise particulière (celle des concepteurs expérimentés, des assistants à maîtrise d'ouvrage ou des étudiants), dans un contexte particulier (mise à l'épreuve du guide méthodologique qui décrit de manière opérationnelle l'Analyse de la Valeur Soutenable, via des mises en situation).

Les résultats montrent, dans ce contexte, que d'un point de vue théorique (5.2), l'Analyse de la Valeur semble permettre d'intégrer les enjeux de soutenabilité dans les démarches d'Analyse de la Valeur. Il reste à confirmer ces premiers résultats

5.2.4.8. Conclusions et perspectives quant à la comparaison des pratiques d'Analyse de la Valeur

Nous pouvons nous rendre compte qu'il existe d'importants écarts par rapport à la norme pour les pratiques d'Analyse de la Valeur Soutenable et celle développée chez les deux industriels. On peut se demander si cette prise de décision révèle une application stricte des normes ou si elle ne cache pas un manque de recul voire d'innovation par rapport à celles-ci. Concernant ce point, on peut montrer non seulement l'attente de l'industriel porteur de la thèse en termes d'innovation mais aussi en termes de différenciation puisque la Soutenabilité, point central de l'Analyse de la Valeur Soutenable, est un sujet crucial aujourd'hui. Notons que le recours à des listes et à des tentatives de standardisation de ces processus de déploiement de l'Analyse de la Valeur pour « accélérer » le processus d'Analyse de la Valeur, utilisé par l'industriel porteur de la thèse, semble montrer ses limites puisqu'elle ne permet pas d'améliorations substantielles. On peut voir que globalement, c'est l'Analyse de la Valeur Soutenable qui a le plus de points forts malgré quelques manques d'outillage et de mise en pratique. Une collaboration Analyse de la Valeur Soutenable / pratiques d'un industriel partenaire pourrait permettre d'améliorer la méthodologie d'Analyse de la Valeur Soutenable en s'appuyant sur l'identification des Parties Prenantes ou encore l'interface des différentes étapes en vue de la conception et le suivi des systèmes. L'Analyse Fonctionnelle, point central de l'Analyse de la Valeur, est aussi perfectible dans l'Analyse de la Valeur Soutenable puisqu'elle se repose sur la norme.

Pour permettre à l'industriel porteur de la thèse de se différencier avec l'Analyse de la Valeur Soutenable, il faut cependant que la méthode soit prise en main par les praticiens. La méthode reste à tester de manière opérationnelle. La mise à l'épreuve pratique réelle de la méthodologie proposée durant cette thèse est présentée ci-après.

5.3. Un atelier « Doughnut » pour mesurer la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet

Les ateliers « Doughnut » ont été menés afin de tester l'hypothèse que le Doughnut peut être utilisée comme support d'évaluation des Critères de Valeur socio-environnementaux à l'échelle de chaque Partie Prenante, quel que soit son domaine et son niveau d'expertise (hypothèse H2, Figure 22). Cet atelier avait pour objectif de rendre compte de l'applicabilité du concept dans un cadre de conception et de gestion d'un produit. Concrètement, les participants ont 1h30 de manipulation du Doughnut afin de proposer des indicateurs à utiliser pour aider à une prise de décision concernant un système (vélo utilisé en raison de sa simplicité pour une prise en main rapide). Ainsi, le Doughnut permet de proposer des indicateurs qui sont d'intérêt pour les Parties Prenantes.

5.3.1. Déroulement des ateliers

L'atelier s'est déroulé en 4 étapes successives :

1. Une introduction à l'atelier et du contexte (nécessité d'intégrer les parties prenantes et les dimensions socio-écologiques), 15 min
2. Une présentation succincte des différents concepts (Analyse de la Valeur (AV), Soutenabilité, Doughnut), 15 min
3. La prise en main du Doughnut : comment concevoir un vélo qui soit soutenable ? 1h30.

Il s'agit de la prise en main de différents documents référencés (Annexe 1 : Dossier support « atelier-formation Analyse de la Valeur et Soutenabilité ») afin de parvenir à déterminer quelle proposition, parmi 5 concepts préliminaires de vélos (bois, carton, carbone...), en comparaison avec un concept de référence (vélo tout aluminium, fabriqué en Chine), est la plus soutenable en se basant sur le Doughnut. On retrouve ainsi une définition du Doughnut et des indicateurs mesurés (O'Neill et al. 2018). Le choix d'utiliser les critères proposés par O'Neill et non de Raworth est pratique : la conception étant située, il était important selon nous de pouvoir se rattacher à la phase du cycle de vie du projet au pays dans lequel il est effectué.

Une présentation des différents vélos dans un dossier technique est donnée aux participants. Pour les vélos, on y retrouve une analyse de la valeur de différentes Parties Prenantes, une analyse fonctionnelle et une analyse financière ainsi qu'une description technique des différents concepts de vélos (matériaux, pays dans lequel s'effectue les étapes du cycle de vie, technologie de conception) ainsi que quelques estimations pour la quantité de CO₂ émis sur l'ensemble du cycle de vie du vélo.

L'objectif est de déterminer quel est le vélo qui semble le plus soutenable à partir de ces éléments et de le justifier pour en discuter lors de la restitution à l'ensemble des participants.

4. Débriefing et questionnaires d'évaluation de l'atelier. Ce questionnaire a été construit suivant les recommandations de (Lee and Pershing 1999; Morgan and Casper 2000) qui permettent d'évaluer non seulement le contenu de l'atelier mais aussi l'atelier en lui-même. Cela sera développé dans la partie « résultats », 1h.

5.3.2. Groupes de testeurs

4 ateliers « Doughnut » (2 chez ECP et 2 à l'Université de Technologie de Troyes (UTT)) ont été effectués. Dans un premier temps, avec 19 étudiants du master « Ingénierie et Management de

l'Environnement et du Développement Durable » de l'Université de Technologie de Troyes (UTT). Ils ont des profils divers puisqu'on y retrouve des personnes qui sont en ingénierie (matériaux, génie industriel, informatique ou encore mécanique) à l'UTT mais aussi des profils externes comme des gens qui viennent de Science Po ou qui ont étudié les langues. Ce sont également des étudiants impliqués dans un programme d'étude (Master « Ingénierie et Management de l'Environnement et du Développement Durable (IMEDD)) axé sur la Soutenabilité. Les étudiants étaient répartis en groupes de 4 à 5 membres. Les ateliers se sont déroulés en 2 sessions avec respectivement 2 et 3 groupes, les 10 et 12 octobre 2022. Dans un second temps, le test a été effectué avec 11 collaborateurs ECP avec des profils très divers au niveau de l'expérience, des métiers mais qui étaient tous des managers de projets. Les collaborateurs sont répartis, lors de la session à Paris-La Défense (le 25 octobre 2022), en 2 groupes de 3 personnes et à Aix-en-Provence (le 29 novembre 2022) en un seul groupe de 5 personnes. Notons que les personnes de la session de Paris-La Défense étaient tous des collaborateurs contraints d'assister à l'atelier tandis que ceux à Aix-en-Provence ont accepté de participer sur la base du volontariat.

5.3.3. Analyse de la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet

L'hypothèse de départ est que le Doughnut peut être utilisé comme support d'évaluation des Critères de Valeur socio-environnementaux à l'échelle de chaque Partie Prenante, quelle que soit son domaine et son niveau d'expertise (hypothèse H2, Figure 22). L'étude se base sur l'atelier « Doughnut ». Il s'agit d'une analyse qualitative basée sur des questionnaires adressés aux participants en fin d'atelier. Les citations des participants viennent appuyer nos propos dans cette analyse ; l'ensemble des résultats est disponible en ligne (<https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10040799>).

Les différents participants ont un ressenti globalement positif quant à cet atelier. En effet, la manipulation du Doughnut via la mise en situation autour de la conception d'un système permet de comprendre les enjeux de soutenabilité à travers le fonctionnement du Doughnut : la méthodologie s'appuyant sur le Doughnut [Étudiant A] - « permet d'associer et mettre en relation des indicateurs de nature différente (techniques, éco...) et de les questionner à l'aune du Doughnut ».

La fonction de support d'aide à la décision du Doughnut permet d'introduire les enjeux de soutenabilité qui semblent être en accord avec les hypothèses qui ont mené à le proposer comme un support méthodologique de caractérisation d'indicateurs socio-écologiques afin de concevoir des systèmes soutenables. L'atelier permet d'après l'[Étudiant A] - « Une vision plus globale des indicateurs et également un rappel du besoin de balancer / mettre en rapport certains indicateurs. Cela pourrait permettre de concevoir de meilleurs produits/systèmes ». Les apports sont d'avoir non seulement un support d'initiation aux enjeux de soutenabilité mais aussi un support de prise en main et de compréhension d'une partie de la méthode développée durant la thèse, celle autour des choix d'indicateurs : [Étudiant B] - « Les indicateurs habituels tel que l'ACV ou le bilan carbone n'apporte aucune évaluation sur l'impact social. De plus ce sont souvent des outils compliqués à mettre en œuvre demandant souvent une formation adéquate ». Cependant, l'adaptation de ces indicateurs issus du Doughnut pose question aux participants : la démarche basée sur le Doughnut est [Étudiant C] - « encore très difficile à utiliser, surtout sans formation particulière. Mais elle propose des alternatives intéressantes et une vision plus globale et potentiellement réaliste ». En effet, certains participants l'utilisent de manière « brut », c'est-à-dire qu'ils évaluent (via un score entre 1 et 5 par exemple) chacun des

critères du Doughnut ou ceux qui leur semble le plus pertinent. D'autres se basent sur ces critères pour faire des indicateurs contextualisés. Par exemple, ils se basent sur le critère « Utilisation de l'eau douce » (freshwater use) qui est selon eux « correspond à un indicateur social (accès à l'eau pour vivre) et un indicateur écologique (pollution).

Que les indicateurs soient utilisés directement ou redéfinis, « plus de temps serait appréciable » faire une « étude sérieuse » selon les participants.

Outre les indicateurs et leur adaptation, un des points saillants concerne le calcul de la Valeur ainsi que la représentation des résultats. Concernant le calcul de la Valeur, les participants ont pu voir que s'ils restent dans une logique de Soutenabilité faible, c'est-à-dire que les capitaux peuvent se substituer, le choix de vélo peut se cantonner à celui de référence qui a un coût faible comparé aux autres (l'atelier d'Aix-en-Provence a vu un débat sur une opposition entre la définition d'Analyse de la Valeur et un défenseur de la norme (le coût étant ramené au coût financier) par rapport à ceux qui voulaient une valeur élargie en intégrant l'ensemble des dimensions de soutenabilité). En revanche, si on prend les différentes Valeurs prises séparément, on peut se poser la question des choix à faire. Ainsi, la manière de calculer la Valeur influence la manière de la représenter et d'aborder la Soutenabilité : [Étudiant D] - « *que ce soit au sein du groupe ou en comparant avec les autres, nous avons pu en débattre, faire des compromis et voir les choses différemment selon nos backgrounds personnels* ».

Ainsi, cet atelier Doughnut permet d'avoir non seulement un support d'initiation aux enjeux de soutenabilité mais aussi un support de prise en main et de compréhension d'une partie de la méthode développée durant la thèse, celle autour des choix d'indicateurs. Les limites sont le temps : l'atelier est fait pour une durée de 3h avec présentation et débriefing compris (sans parler de l'heure passée sur le questionnaire). Cela nous amène à penser qu'avec un peu plus de temps, le Doughnut peut servir de support pour co-construire des indicateurs de conception dans un cadre d'analyse de la Valeur Soutenable. Il faut multiplier le nombre de mise en situation afin de corroborer cette hypothèse.

5.3.4. Discussions quant à la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet

L'utilisation d'un Doughnut (dans l'ensemble des ateliers) contextualisé à l'échelle d'un pays (O'Neill et al. 2018) vient souligner le fait que la méthode proposée est limitée au contexte d'un système territorialisé. En effet, le recours aux données issus de pays comme ceux de (O'Neill et al. 2018) permettent de caractériser des profils « pays » et ainsi, avec des allocations, d'allouer des caractérisations adéquates aux différentes phases du cycle de vie du produit/système étudié (un vélo pour nous). Les différents capitaux utilisés pour la construction desdits vélos sont partiellement des données d'entrée (matériaux, technologies). C'est dans ce cadre particulier que les participants ont pu caractériser des indicateurs pour mesurer la valeur de plusieurs produits, les comparer et déterminer lequel était selon eux, le plus soutenable. Cet atelier permet de mettre en évidence la capacité de mesure des indicateurs (territorialisés et en territorialisant les indicateurs liés à un produit) par des concepteurs avertis et par des managers de projet. Il faut maintenant se demander si l'Analyse de la Valeur Soutenable peut être prise en main par des concepteurs expérimentés et des assistants à maîtrise d'ouvrage.

5.3.5. Conclusions et perspectives quant à la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet

Cet atelier « Doughnut » permet de mettre en évidence que l'utilisation du Doughnut permet aux participants de l'atelier de comprendre les enjeux de soutenabilité et de manipuler les différents critères d'évaluation afin d'en faire des indicateurs adaptés à leur projet. Il faut

cependant garder à l'esprit que pour cet atelier, il s'agit d'un « Doughnut territorialisé » : on rapporte à une échelle d'un territoire l'impact du vélo.

Bien que cet atelier permette de mesurer la capacité de Parties Prenantes d'un projet (concepteurs avertis et par des managers de projet) à mesurer des indicateurs pour concevoir un produit qui soit soutenable, il faut maintenant mesurer l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable qui permet d'avoir une méthodologie complète. Ceci est effectué lors de l'atelier « Concepteurs » décrit ci-dessous.

5.4. Un atelier « Concepteurs » pour mesurer l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable

Les ateliers « Concepteurs » ont été menés afin de tester une hypothèse principale : que l'Analyse de la Valeur Soutenable permet de comprendre comment est définie la valeur perçue d'un individu par rapport à une situation donnée et ainsi de caractériser la valeur soutenable d'un projet (hypothèse H4, Figure 22). Il s'agit de l'ensemble de la méthodologie proposée dans le chapitre 4 afin d'intégrer les enjeux de soutenabilité dans les démarches d'Analyse de la Valeur via la définition d'indicateurs de soutenabilité mesurables à l'échelle des Parties Prenantes et du projet. Certaines parties ont été testées durant l'atelier. En ce sens, l'ensemble des hypothèses évoquées sont testées et viennent compléter les deux études précédentes (apports potentiels du cadre conceptuel d'Analyse de la Valeur Soutenable et l'atelier « Doughnut » pour mesurer la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet). Ainsi, cet atelier permet de tester l'enchaînement des concepts et de rendre compte de leur intérêt dans un contexte de conception mais aussi dans un contexte de gestion de projet. 2 publics cibles ont assisté à l'atelier : 1) des concepteurs expérimentés et 2) des assistants à maîtrise d'ouvrage (experts en Analyse de la Valeur). L'atelier s'est déroulé le 14 décembre 2022 au sein des locaux d'un industriel partenaire.

5.4.1. Déroulement de l'atelier

L'atelier s'est déroulé en 5 étapes successives :

1. Présentation générale pour comprendre la guideline et son fonctionnement [15 min]
2. Conception d'un système cadré par la guideline-les premières phases [170 min]
 - Scénario 1 : les Parties Prenantes, leurs besoins et les contraintes [65 min + 5 min de pause]

L'enjeu est d'appréhender les premières phases de la guideline. Les participants sont placés dans une situation : ce sont des ingénieurs de chez un industriel fabricant d'avion qui se retrouvent sur une île à la suite d'un crash d'avion et doivent faire 1) un inventaire des ressources sur place pour construire un moyen de locomotion pour survivre voire à terme s'en échapper, 2) identifier quelles sont les personnes qui sont capables de répondre à chacun des besoins pour la construction et quelle influence chacune de ces Parties Prenantes aura sur ce projet de construction.

- Scénario 2 : le Doughnut pour choisir les indicateurs pour concevoir un système [40 min + 5 min de pause]

La construction du moyen de locomotion doit se faire avec les ressources disponibles mais sans dégrader l'équilibre existant : des communautés locales utilisent les ressources disponibles pour vivre. Une rapide analyse fonctionnelle effectuée par le groupe d'ingénieurs montre qu'un vélo serait un moyen qui satisferait au besoin fonctionnel : il ne reste plus qu'à évaluer les dimensions socio-écologiques. Il s'agit alors d'un atelier « Doughnut » raccourci. Pour les explications des enjeux de cette seconde phase, se reporter à la section 4.3.1.1.

- Scénario 3 : l'analyse de la valeur durable pour prendre une décision [50 min + 5 min de pause]

Dans cette ultime phase, il faut expliquer les choix faits aux communautés locales afin de ne pas déclencher de conflit : les données doivent être manipulables et compréhensibles par toutes les Parties Prenantes du projet et la logique de soutenabilité est facilement compréhensible.

3. Conception d'un système cadré par la ligne directrice - exemple d'un composant (de manière collective) [20 min]

La démarche décrite ci-dessus est effectuée de manière collective avec les participants en ce qui concerne un frein de vélo : l'objectif est de montrer que la méthodologie s'applique aussi bien aux phases amont de la conception qu'aux phases de conception détaillée.

4. Débriefing et questionnaires d'évaluation de l'atelier [20 min]

5.4.2. Groupes de testeurs

Pour cela, il y avait 4 concepteurs expérimentés (3 ingénieurs de chez un industriel partenaire + un enseignant-chercheur qui s'est joint au groupe) d'un côté qui ont participé à l'atelier et d'un autre côté, 3 experts en Analyse de la Valeur ont effectué des observations. Tous ont été interrogés sur leur ressenti via des questionnaires (a posteriori pour les concepteurs et en parallèle de l'atelier pour les experts) qui sont exploités dans les résultats de cette étude.

5.4.2.1. Particularités de l'expertise pour les assistants à maîtrise d'ouvrage

Les experts se sont appuyés sur leurs observations ainsi que sur la guideline afin d'expertiser les travaux. En effet, la guideline a été envoyée le 05 décembre 2022 aux 3 experts. Seulement 2 des 3 experts affirment avoir pris le temps de lire le guide méthodologique consciencieusement, ce qui doit être un point de vigilance. Notons également que les 3 experts choisis font partie de l'environnement de la thèse.

5.4.2.2. Particularités de l'expertise pour les concepteurs expérimentés

Les participants n'ont pas eu un accès préalable à la méthodologie. Les profils des participants « concepteurs expérimentés » sont les suivants : deux personnes travaillent sur l'intégration de la Soutenabilité dans les outils, méthodes et process et le troisième est titulaire d'un doctorat autour des concepts de Valeur. Il déploie actuellement les résultats de ses travaux de thèse et des liens pourraient être faits entre ces travaux et cette thèse. La quatrième personne est un enseignant-chercheur en conception collaborative.

5.4.3. Analyse de l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable

L'hypothèse de départ est que l'Analyse de la Valeur Soutenable permet de comprendre comment est définie la valeur perçue d'un individu par rapport à une situation donnée et ainsi de caractériser la valeur soutenable d'un projet (hypothèse H4, Figure 22). L'analyse développée dans cette section se base sur les réponses des participants (assistants à maîtrise d'ouvrage et des concepteurs expérimentés) à l'atelier « Concepteurs » qui a été présenté dans la section 5.4. Les résultats obtenus, synthétisés dans la Figure 37, se basent sur des questionnaires (en ligne) qui ont eu lieu à la fin de l'atelier. Les résultats complets sont disponibles en ligne (<https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10040799>).

L'applicabilité de la méthodologie présentée, pour ce qui est de la mise à l'épreuve avec des assistants à maîtrise d'ouvrage, peut être influencée par la lecture de la guideline : la guideline plus encore que l'atelier met en avant une utilisation de l'Analyse de la Valeur Soutenable tout au long du cycle de vie d'un projet. Pour justifier ceci, les experts s'appuient sur les itérations

possibles à chaque niveau bien qu'il y ait des limites et défauts qui ont été relevés. En phase amont, la méthode permettrait plutôt de faire des choix via une vision stratégique et en phase de conception détaillée, la méthode permettrait d'optimiser le projet. Cependant, un des experts souligne qu'une utilisation en phase amont semble plus pertinente pour les aspects stratégiques de prise de décision quant à la Soutenabilité. La méthode, toujours selon le même expert, permet dans les phases de conception détaillée d'aider à faire des compromis (« trade-off process »).

Cette question quant à l'applicabilité permet de mettre en exergue que les réponses sont mitigées puisqu'elles couvrent les 3 notes les meilleures comme le montre la Figure 37.

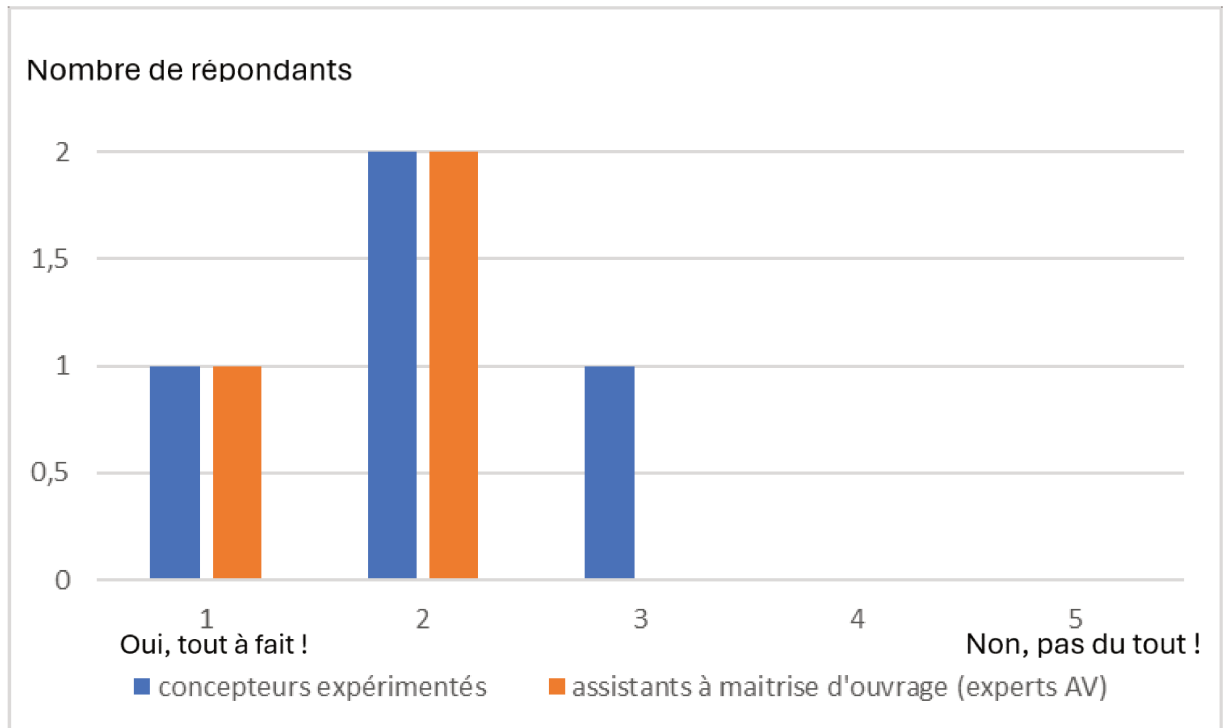


Figure 37 : Réponse des 7 participants à la question « l'atelier permet-il de mettre en avant l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable ? ».

D'un côté, les assistants à maîtrise d'ouvrage estiment que l'atelier permet de mettre en évidence l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable, à travers des notes de 1 ou 2. Cependant, du côté des concepteurs expérimentés, la question de l'applicabilité semble moins tranchée comme le montre la répartition de leurs avis en bleu sur la Figure 37.

Avec un panel si restreint et des mises à l'épreuve aussi restreintes, il semble que l'applicabilité soit difficile à évaluer. Le recours à des supports semble néanmoins utiles d'après non seulement les concepteurs expérimentés mais aussi les assistants à maîtrise d'ouvrage.

D'un autre côté, les concepteurs expérimentés pourraient utiliser la méthodologie s'ils sont accompagnés par la guideline (pour 3 concepteurs avec une note de 2/5 et un des experts avec une note de 3/5) tandis qu'ils semblent préférer un accompagnateur humain (expert en Analyse de la Valeur) pour appliquer la méthodologie (pour un concepteur avec une note de 1/5, pour deux concepteurs avec une note de 2/5 et pour un concepteur avec une note de 3/5). Ces constats sont étayés par les graphiques complémentaires qui figurent en annexe (Figure 40 et Figure 41).

Les assistants à maîtrise d'ouvrage semblent également plus enclins à utiliser la démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable grâce au support du guide méthodologique (voir Figure complémentaire 2). En effet, un des experts pense pouvoir appliquer l'Analyse de la Valeur Soutenable en étant supporté de la guideline. Les deux autres experts sont plus mitigés quant à l'utilisation de la guideline comme support après avoir été observateurs pendant l'atelier.

5.4.4. Discussions quant à la mesure de l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable

Les tests menés via l'atelier « Concepteurs » permettent de démontrer que l'Analyse de la Valeur Soutenable peut être une méthodologie utilisable par des praticiens dans un contexte particulier.

En effet, les participants à l'atelier s'accordent pour dire que l'Analyse de la Valeur Soutenable a des apports concernant la méthodologie d'Analyse de la Valeur, notamment pour y introduire les enjeux de soutenabilité. Les concepteurs avertis ne semblent pas être en mesure d'utiliser la méthodologie qu'elle soit supportée par la guideline ou par des experts en Analyse de la Valeur. Néanmoins, un des experts estime que la guideline lui suffirait à appliquer la méthodologie, tandis que les deux autres semblent beaucoup plus réticents (note de 3/5).

Notons que l'entreprise qui finance la thèse a lancé des travaux pour outiller la méthodologie de manière numérique, afin d'outiller ces experts et ainsi améliorer leurs performances auprès de leurs clients. L'entreprise valorise ces travaux avec diverses communications, qu'elles soient internes ou externes (congrès national du « Project Management Institute » par exemple). Cela montre l'intérêt industriel de ces travaux et la dynamique autour du sujet. Ainsi, il semble difficile de conclure de manière définitive sur l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable à l'heure de l'écriture de cette thèse. En effet, la démarche d'outillage de l'industriel pourrait mettre en avant certaines limites ou certains éléments clés pour opérationnaliser la méthodologie.

5.4.5. Conclusion quant à la mesure de l'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable

L'applicabilité de l'Analyse de la Valeur Soutenable est, à l'heure de l'écriture de cette thèse, un élément sujet à discussion. D'un côté, nous avons une méthodologie globale qui semble cohérente et qui semble avoir des apports d'après les premiers tests effectués (cf 5.2). D'un autre côté, nous avons une mise en œuvre partielle présentée devant des experts en Analyse de la Valeur qui y voient une applicabilité partielle. Cependant, la méthodologie a été testée via des mises en œuvre partielles afin de satisfaire des contraintes de temps. Donc, il reste difficile d'affirmer que l'Analyse de la Valeur Soutenable est applicable en l'état et les travaux d'outillage en cours chez l'industriel porteur de la thèse permettra de valider (ou non) que l'application peut être faite directement (ou si cela demande des modifications).

5.5. Discussions générales quant à la mise à l'épreuve de la démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable

5.5.1. Résultats de la mise à l'épreuve de la démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable

Les différentes expertises ont permis de valider (partiellement) certaines hypothèses. Ainsi, le cadre conceptuel proposé contribue à l'intégration des enjeux de soutenabilité d'après l'expertise menée auprès de deux industriels qui ont comparé leurs pratiques avec les pratiques théoriques déployées durant une Analyse de la Valeur Soutenable (chapitre 4).

L'hypothèse H2 « le Doughnut peut être utilisé comme support d'évaluation des Critères de Valeur socio-environnementaux à l'échelle de chaque Partie Prenante, quel que soit son domaine et son niveau d'expertise » (cf Figure 22) est validée partiellement. Pour rappel, cette hypothèse est faite pour comprendre quels sont les Critères de Valeur soutenables à l'échelle de chaque Partie Prenante à l'échelle du projet (chapitre 3). Cet atelier « Doughnut » semble permettre à des concepteurs avertis et des managers de projet de prendre en main les différents Critères de Valeur de Parties Prenantes d'un projet et de créer des indicateurs socio-écologiques et de les évaluer en un temps restreint. L'hypothèse n'a pas été testée sur un panel plus large (non-ingénieurs / non experts en soutenabilité).

L'hypothèse H4 « l'Analyse de la Valeur Soutenable présentée dans le chapitre 4, qui repose sur les cadres conceptuels présentés dans les chapitres 1 à 3, permet de comprendre comment est définie la valeur perçue d'un individu par rapport à une situation donnée et ainsi de caractériser la valeur soutenable d'un projet » (cf Figure 22), est partiellement validée. Pour rappel, cette hypothèse est faite pour comprendre quels sont les concepts mobilisables par les Parties Prenantes qui permettent d'intégrer les enjeux de soutenabilité dans les projets de conception (chapitre 4). En effet, l'atelier « Concepteurs » permet de mettre en situation certaines parties de la méthodologie globale afin d'évaluer l'applicabilité de la méthodologie d'Analyse de la Valeur Soutenable. Ces mises en situation partielle ne valident pas directement les hypothèses H1 (Les capitaux comme base pour identifier les Critères de Valeur) et H3 (Le SVN pour caractériser et mesurer les Critères de Valeur multi-échelles et dynamiques) (cf Figure 22) mais l'atelier se base sur celles-ci comme des données d'entrée.

5.5.2. Les limites des travaux de thèse

5.5.2.1. *Limites organisationnelles*

La première limite rencontrée durant cette thèse concerne les contraintes de temps. Ces limites organisationnelles nous ont amenés à organiser des ateliers pour tester (partiellement) la méthodologie d'Analyse de la Valeur Soutenable sur des ateliers courts (3 à 4h), alors même que l'Analyse de la Valeur Soutenable est une démarche qui est amenée à se dérouler sur plusieurs ateliers de 2h voire plus sur plusieurs séances (comme une Analyse de la Valeur telle que menée classiquement).

Ces contraintes ne permettent pas de rendre compte d'une mise à l'épreuve concrète (l'atelier principal, mené chez un industriel partenaire n'est qu'une succession de mise en situation d'étapes successives de la guideline par exemple). Cela entraîne un certain manque de prise de recul dans les tests effectués notamment sur l'opérationnalisation de la démarche et sa cohérence. L'idéal étant d'appliquer la méthode, il faut des personnes aptes à la déployer, ce qui suppose des personnes formées (et donc, des supports de formation adaptés). Une des pistes de réflexion quant à la mise en pratique sur le long terme serait de former à l'Analyse de la Valeur Soutenable un stagiaire ou un alternant : une fois les bases d'Analyse de la Valeur acquises, nous pourrions par exemple tester sa montée en compétence et créer une première version du support de formation en parallèle. Cela permettrait de rendre compte si, à son tour, la personne formée est capable d'appliquer l'Analyse de la Valeur Soutenable, d'identifier les manques en termes de formation et de proposer des solutions adaptées.

5.5.2.2. *Limites de la recherche effectuée*

5.5.2.2.1. Les limites de l'expertise

Un des premiers points concerne l'expertise et ses limites. En effet, cette étude se base sur l'expertise que ça soit de concepteurs expérimentés, de concepteurs avertis ou d'assistants à

maitrise d'ouvrage afin de mettre à l'épreuve l'Analyse de la Valeur Soutenable. Les conclusions de ces expertises ne doivent pas être généralisées : on s'intéresse à une proposition particulière (chapitre 4). Cependant, l'expertise se justifie par les objectifs opérationnels de cette thèse : au-delà des connaissances scientifiques développées, cette thèse devait fournir un support opérationnel pour intégrer les enjeux de soutenabilité dans les projets.

Le nombre d'experts mobilisés lors des ateliers pourra être relevé comme un point faible : est-ce représentatif ? Pourquoi les avoir choisis eux ? Outre ces soucis de représentativité, l'expertise peut être limitée par la vision particulière et incomplète (individuelle et partielle) que l'expert adopte sur l'atelier étudié, comme le soulignent (Gustafsson and Lidskog 2018; Lima 2009). Cependant, la thèse s'adresse aux praticiens d'Analyse de la Valeur. L'objectif est d'apporter un support à ces praticiens afin qu'ils soient en mesure d'intégrer les dimensions de la Soutenabilité dans leur pratique. En ce sens, avoir recours à des praticiens chevronnés semble cohérent. Notons que les trois experts choisis font partie de l'environnement de la thèse. En effet, les données utilisées sont celles fournies par un industriel partenaire (mise en place d'un accord de confidentialité). C'est pourquoi nous pouvons faire l'hypothèse 1) que les experts savent comment utiliser les données qu'ils ont à observer et 2) qu'ils sont aptes à juger des « performances » de la méthode proposée.

Au-delà de ces considérations méthodologiques concernant l'expertise, quelques points de vigilance sont à noter : un des experts en Analyse de la Valeur, public cible de la méthodologie proposée, semble ne pas avoir lu de manière approfondie la guideline, ce qui questionne la pertinence de son propos (et donc son expertise) quant à sa compréhension de la guideline et du lien avec l'atelier (l'expert a indiqué n'avoir lu que « succinctement » la guideline).

5.5.2.2.2. Les limites de l'interprétation

Un point de vigilance concernant la mise à l'épreuve est lié aux paramètres qui ont pu influencer les résultats. En effet, le profil des participants pourrait être un facteur différenciant dans les résultats de notre étude. Les participants étudiants ont un niveau d'étude élevé (bac +5) et les experts en Analyse de la Valeur ont tous au moins 10 ans d'expérience dans leur métier. La question qui se pose alors est : est-ce que ce paramètre a un rôle ? Et si oui, lequel ? Des premiers éléments de réponse peuvent être apportés en nous basant sur les données récoltées. En effet, il est possible de voir que dans les deux cas dans l'atelier « Doughnut », il semble y avoir un intérêt pour le sujet de l'intégration des enjeux de soutenabilité (ceci pourrait être dû au contexte actuel et la prise de conscience associée à une compréhension de ces enjeux). Malgré ces premiers éléments, de futurs travaux pourraient permettre de mieux comprendre le rôle et l'importance de ces paramètres (une comparaison de différents paramètres pourrait être envisagée). Concernant le profil toujours, le niveau de connaissance des concepts de base de l'atelier (Analyse de la Valeur, Soutenabilité et Doughnut), pourrait jouer sur la compréhension des enjeux et la prise en main des différents concepts. La question qui se pose alors est : est-ce que ce paramètre a un rôle important ? Et si oui, lequel et comment l'appréhender ? Des premiers éléments de réponse peuvent être apportés par les données récoltées. En effet, les étudiants du master IMEDD semblent plus à l'aise avec la prise en main des divers enjeux, qu'ils connaissent par ailleurs. Ceci se retrouve dans la manière d'aborder la problématique dans l'atelier « Doughnut » avec notamment une remise en question des besoins (interrogation de la nécessité de fabriquer ce vélo) ; ainsi que par le point de vue abordé : les étudiants du master IMEDD abordent les enjeux socio-écologiques en parallèle de la dimension financière tandis que les professionnels s'intéressent d'abord à cette dimension (qu'ils connaissent mieux). Ces

éléments pourraient être confirmés par des études statistiques par exemple ; ainsi que par une confrontation des démarches et des données aux sciences de l'éducation.

Concernant la mise à l'épreuve théorique de l'Analyse de la Valeur Soutenable, le premier point de vigilance concerne la comparaison relative. Le choix des normes comme point de comparaison ainsi que la comparaison de différentes pratiques pose la question des personnes qui évaluent et de leur regard sur les méthodologies (point suivant). Le second point concerne le « praticien » qui évalue « sa » méthodologie, « l'Analyse de la Valeur Soutenable », est aussi le scientifique qui mène l'étude. De plus, on parle d'expertise donc les personnes auront un regard particulier sur leur méthode. En effet, pour qu'elle soit viable, cette étude repose sur l'expertise et l'éthique tant des praticiens que du chercheur qui est plongé dans la pratique. Il faut tenir compte de l'implication de ces personnes dans la lecture des résultats. Malgré ces limites, pour comparer des pratiques une référence commune semble être appropriée. De plus, la mise en pratique par la personne qui effectue les tests et analyse ceux-ci peut poser question.

5.5.2.2.3. Des hypothèses partiellement ou indirectement testées

Comme souligné dans la conclusion quant aux résultats de cette thèse (5.6.4), les hypothèses H2 (le Doughnut peut être utilisé comme support d'évaluation des Critères de Valeur socio-environnementaux à l'échelle de chaque Partie Prenante, quelle que soit son domaine et son niveau d'expertise) et H4 (l'Analyse de la Valeur Soutenable présentée dans le chapitre 4, qui repose sur les cadres conceptuels présentés dans les chapitres 1 à 3, permet de comprendre comment est définie la valeur perçue d'un individu par rapport à une situation donnée et ainsi de caractériser la valeur soutenable d'un projet) sont testées de manière partielle.

L'hypothèse 4 portant sur l'Analyse de la Valeur Soutenable permet de tester les hypothèses H1 (dresser un bilan des capitaux mis en œuvre dans le projet ainsi que leurs impacts potentiels sur le projet mais aussi les externalités de la mise en œuvre de ces capitaux) et H3 (le SVN pour caractériser et mesurer les Critères de Valeur multi-échelles et dynamiques). En effet, ces hypothèses permettent de proposer des supports utilisés durant les mises à l'épreuve (la cartographie des capitaux sert de support pour caractériser les Critères de Valeur et le Stakeholder Value Network vient non seulement cartographier les différents liens entre les Parties Prenantes mais permet également d'introduire la dimension dynamique du projet (via les influences)). Cela montre l'importance de ces supports et l'utilisation de ces données permet de montrer la complémentarité des différents cadres conceptuels mobilisés.

5.6. Conclusions quant à la mise à l'épreuve de l'Analyse de la Valeur Soutenable

La mise à l'épreuve est faite au travers de diverses expertises avec des concepteurs expérimentés, des concepteurs avertis (en termes de soutenabilité) et des assistants à maîtrise d'ouvrage (dont des experts en Analyse de la Valeur). À cette mise à l'épreuve s'ajoute une démarche industrielle d'informatisation (par le financeur de la thèse). Ces éléments montrent l'appropriation du cadre conceptuel par ce prestataire de service.

Ces éléments viennent légitimer la proposition de cette thèse (l'Analyse de la Valeur Soutenable). Autrement dit, il semble que la méthodologie proposée soit scientifiquement viable et soit utilisable par les praticiens d'Analyse de la Valeur auxquels elle s'adresse malgré des limites comme le manque d'outils opérationnels pour sa mise en œuvre ou encore le fait que les indicateurs proposés semblent adaptés (mais le profil reste à creuser) et que l'usage de la méthode d'Analyse de la Valeur Soutenable nécessite un accompagnement / une expertise.

Les hypothèses mises à l'épreuve sont partiellement validées : la proposition (Figure 21) semble permettre d'intégrer les enjeux de soutenabilité (H4, Figure 22) via les hypothèses (H2, Figure 22). L'atelier « Doughnut » permet de mettre à l'épreuve la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet. Il peut être utilisé comme support d'évaluation des Critères de Valeur socio-environnementaux à l'échelle de chaque Partie Prenante, quel que soit son domaine et son niveau d'expertise, l'hypothèse (H1, Figure 22) que les capitaux peuvent être une base pour identifier les Critères de Valeur et l'hypothèse (H3, Figure 22) que le Stakeholder Value Network permet de caractériser et mesurer les Critères de Valeur multi-échelles et dynamiques (cf Figure 22). Enfin, l'atelier « Concepteurs » permet quant à lui de mettre à l'épreuve la proposition de la thèse globale, l'Analyse de la Valeur Soutenable, par l'évaluation de l'applicabilité par des concepteurs expérimentés (une grande entreprise de l'aéronautique et un enseignant-chercheur) et des assistants à maîtrise d'ouvrage (Experts en Analyse de la Valeur).

Chapitre 6. Conclusions et perspectives

Le dernier chapitre de cette thèse permet de conclure quant aux contributions et aux limites identifiées au cours de la thèse mais aussi de dresser le bilan des questions soulevées et des perspectives à cette thèse.

6.1. Les contributions de cette thèse

Les contributions de cette thèse sont de deux ordres : d'un côté, il y a le développement de nouvelles connaissances (contributions scientifiques) et de l'autre le développement de nouveaux outils pour déployer cette connaissance dans les projets de conception (contributions technologiques).

6.1.1. Les contributions scientifiques

Les contributions de la thèse s'articulent autour du concept de Valeur et de la perception qu'en ont les Parties Prenantes par rapport à un projet de conception. En effet, cette thèse permet de comprendre comment évaluer les dimensions sociales et écologiques dans un contexte d'Analyse de la Valeur avec un objectif de soutenabilité forte. Pour cela, chacune des Parties Prenantes du projet est impliquée et peut donner un avis individuel, c'est-à-dire la valeur qu'elle perçoit du projet. Par la suite, les échanges et la co-construction d'une vision commune permet de déterminer la valeur de l'ensemble du groupe de travail de manière collaborative.

La contribution principale de cette thèse réside dans la compréhension de ce qu'est la Valeur perçue individuellement et collectivement dans une approche d'Analyse de la Valeur Soutenable (chapitre 4). En effet, la question de recherche traitée est « comment caractériser et mesurer des Critères de Valeur de soutenabilité dans une démarche d'Analyse de la Valeur à l'échelle de chaque Partie Prenante et du projet afin de faire s'exprimer et converger les différentes Parties Prenantes du projet de conception ? ». Pour cela, il faut dans un premier temps **comprendre dans quel contexte** évoluent les différentes Parties Prenantes (l'approche par les capitaux permet de définir les différentes dimensions de la Valeur en lien avec le projet et apporter une réflexion autour des enjeux de soutenabilité, chapitre 2) afin de pouvoir les intégrer dans le projet de conception (l'Analyse de la Valeur permet d'intégrer les Parties Prenantes à une démarche de conception collaborative, chapitre 1). Ensuite, il faut que les Parties Prenantes **comprennent les enjeux individuels et collectifs de soutenabilité** (le Doughnut permet d'avoir une vision holistique des enjeux de soutenabilité et de supporter la caractérisation des indicateurs socio-écologiques), chapitre 2) pour qu'elles soient capables de mesurer les solutions proposées (mobilisation du Stakeholder Value Network pour cadrer la mesure de la Valeur ; mais également pour introduire la dimension dynamique dans les prises de décision dans le sens où le SVN permet de visualiser (et d'actualiser) la valeur perçue de chacune des Parties Prenantes, en temps réel (chapitre 3).

La définition d'une valeur soutenable pouvant être différenciée par d'un côté un ratio « fonctions/ressources » (Analyse de la Valeur, cf chapitre 1) et de l'autre un ratio « social/écologique » (issue de notre proposition) est une contribution de ces travaux de recherche. On vient ajouter une réflexion autour des dimensions sociales et écologiques.

Pour ce qui est du positionnement de ces contributions, nous apportons un regard sur la Soutenabilité et plus précisément dans le domaine du « Design for Sustainability » par une entrée par le concept de Valeur via l'Analyse de la Valeur. Autrement dit, cette thèse contribue à améliorer les connaissances en terme de Soutenabilité dans le cadre conceptuel de l'Analyse de la Valeur, en montrant qu'il faut, pour intégrer ces enjeux, avoir une vision globale des enjeux

individuels et collectifs pour que les Parties Prenantes puissent converger sur des objectifs communs de Valeur à atteindre.

Enfin, pour valider les travaux tout au long de la thèse, on peut noter la valorisation de ces travaux via des participations à des événements scientifiques tels que :

- **CIRP LCE, Grenoble 13-15 mai 2020** : "The interest of an evolution of Value Management methodology in Complex Technical Projects for improving Project Management".

Lien : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827120302791>

Lien de la vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=xAV9IGXQGPc>

- **CIRP Design, Enschede 19-21 mai 2021** : "Function Analysis: going forward in Value Analysis".

Lien : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121006144>

Lien de la vidéo : <https://youtu.be/Y-3HWNjmxGk>

- **ICED, Gothenburg 16-20 août 2021** : "Value Analysis to improve System Architecting".

Lien : <https://www.cambridge.org/core/journals/proceedings-of-the-design-society/article/value-analysis-to-improve-system-architecting/2A042A78096925E7A244B73E832DBE16>

Lien de la vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=eKWHHndNBys>

- **ICED, Bordeaux 24-28 août 2023** : "The Doughnut as a Support of the Sustainable Value Engineering".

Accès : <https://doi.org/10.1017/pds.2023.337>

- **Design, Cavtat, Dubrovnik, Croatia ; 20-23 mai 2024** : "Descriptive study of the integration of sustainability through the doughnut in an engineering training material".

Accès : <https://doi.org/10.1017/pds.2024.294>

6.1.2. Les contributions technologiques

Deux contributions technologiques spécifiques viennent légitimer industriellement l'approche proposée durant la thèse.

En premier, il s'agit du guide méthodologique présentant la méthodologie développée au cours de la thèse. En effet, ce guide permet de montrer comment le cadre conceptuel développé durant la thèse peut être appliqué par des professionnels. Dans ce guide méthodologique, les différentes étapes à suivre afin d'effectuer une Analyse de la Valeur Soutenable sont présentées dans l'ordre chronologique. C'est par ailleurs ce guide qui a été mis à l'épreuve. En effet, étant destiné à être utilisé par des professionnels, le cadre méthodologique proposé durant cette thèse avait besoin de pouvoir être testé puis transféré de manière compréhensible. Les tests effectués ont permis de mettre en avant des points forts et des faiblesses de la proposition mais les professionnels s'accordent pour dire que le guide méthodologique est un support permettant de mettre en avant les apports de l'Analyse de la Valeur Soutenable. Il est à noter que ce guide méthodologique est à l'heure de la rédaction de cette thèse, en cours d'outillage numérique afin de faciliter l'application de l'Analyse de la Valeur Soutenable.

L'autre support est celui des ateliers (l'atelier « Concepteur » qui permet de mettre à l'épreuve l'ensemble de la méthodologie en proposant des phases de la méthodologie avec des concepteurs expérimentés et des assistants à maîtrise d'ouvrage (experts en Analyse de la Valeur) ; et l'atelier « Doughnut » qui permet de mettre à l'épreuve la capacité de mesure des indicateurs par des concepteurs avertis et par des managers de projet) qui pourraient servir de

base pour des supports de formation en interne voire dans des prestations externes. Ces différents livrables viennent outiller la méthodologie d'Analyse de la Valeur Soutenable qui est proposée durant la thèse.

Ces différents outils et supports (résumé dans la Figure 38) sont pour l'heure transférables et utilisables partiellement par des industriels et durant des formations. En effet, une nouvelle définition de la Valeur, basée sur l'Analyse de la Valeur, doit être appréhendée non seulement par les experts qui doivent mener l'analyse ; mais aussi être compréhensible pour les Parties Prenantes impliquées dans les projets.



Figure 38 : Outils et supports développés (ou en cours de développement) concernant l'Analyse de la Valeur Soutenable

6.2. Les limites des travaux effectués

La limite majeure des travaux de thèse réside dans la validation de ces travaux. En effet, il est possible de montrer que les industriels perçoivent un apport de la méthodologie proposée pour l'intégration des enjeux de soutenabilité grâce à l'Analyse de la Valeur Soutenable qui est proposée durant la thèse (5.2). Cependant, il reste difficile de prouver quels sont les éléments saillants de la proposition, leur degré de contribution respective et plus globalement comment l'Analyse de la Valeur Soutenable permet d'impacter les pratiques d'Analyse de la Valeur (impact sur le temps de déroulement de l'Analyse de la Valeur Soutenable vs une Analyse de la Valeur « classique » ; la différence de ressenti des clients ...). De façon symétrique, ces différents concepts possèdent leur limite propre. Par exemple, le Stakeholder Value Network permet de déterminer une valeur collective et non individuelle, les capitaux sont mobilisés au niveau de l'entreprise et non au niveau d'un projet (il ne permet donc que d'avoir une visualisation de la situation, en l'état) ou encore le Doughnut est amené à être territorialisé pour être exploité. Une étude approfondie de l'impact des différentes limites propres à chacun des concepts mobilisés dans une Analyse de la Valeur Soutenable pourrait permettre une amélioration de la proposition qui est faite.

Une des limites des travaux effectués durant cette thèse repose sur l'hypothèse que les systèmes peuvent être territorialisés (5.3.4). Pour les systèmes d'infrastructure (réseaux de transports, unités de production d'énergie...) traités par l'entreprise porteuse de la thèse CIFRE, cela semble convenir. Cependant, cela ne semble plus être le cas sur des systèmes qui ne s'inscrivent pas sur un territoire (le vélo, traité dans l'exemple, semble pouvoir être assimilé à un territoire donné. La méthode semble montrer ses limites si on se réfère à un avion par exemple : à quel territoire imputer quel impact ?). En effet, la compréhension de la Valeur du système se base sur un découpage du système en différents cycles de vie qui sont assimilés à des actions

sur un territoire. Cette approche territorialisée sur le Doughnut utilisé au cours de cette thèse peut faire débat car il existe des systèmes qui sont difficilement « territorialisables » durant tout leur cycle de vie. L'avion est un bon exemple de territorialisation difficile. En effet, suivant les avions étudiés, l'échelle du pays peut ne pas être suffisante : comment caractériser la phase d'utilisation d'un avion intercontinental ? En effet, il semble difficile de disposer de données capables de caractériser cette phase, notamment pour les dimensions sociales et environnementales. On peut faire l'hypothèse que la logique de cadrage des besoins des Parties Prenantes pourrait venir cadrer de manière plus explicite les indicateurs à utiliser dans le Doughnut. En effet, plutôt que de proposer une liste comme cela a été évoqué par certains participants et en se basant sur (Messmann et al. 2020; Ramos 2019; Visentin et al. 2020), on proposera de travailler sur l'interface entre le cadrage des besoins et le Doughnut afin d'aider le groupe de travail à déterminer les « bons » indicateurs pour qu'ils soient contextualisés et compris. Ce point semble particulièrement poser question pour ECP puisqu'il a été évoqué, lors d'échanges autour de la thèse, que le cadrage (proposition d'indicateurs) était un enjeu. Or, cela semble venir en contradiction avec la littérature scientifique qui montre que la contextualisation est importante. Il pourrait alors être envisagé de concevoir des listes contextualisées (par domaine ? par métier ?). Cela soulève des questions de bonnes pratiques puisqu'il n'est pas sûr que les praticiens suivent les recommandations et ne se limitent pas seulement à utiliser des listes préétablies... qui restent encore à créer.

6.3. Les perspectives de ces travaux

Les perspectives pour donner suite à cette thèse sont de deux ordres : d'un côté, il y a des perspectives scientifiques, c'est-à-dire le développement des connaissances nécessaires à lever les limites identifiées, et de l'autre des perspectives technologiques, c'est à dire le développement de nouveaux outils.

6.3.1. Les perspectives scientifiques

Dans un premier temps, il serait possible de renforcer la validation de la proposition d'une Analyse de la Valeur Soutenable en étendant le nombre et la diversité des points de vue. En effet, bien que la méthodologie proposée s'adresse aux praticiens d'Analyse de la Valeur, ce sont les Parties Prenantes qui doivent être en mesure de fournir les données pour effectuer les différentes étapes de la méthodologie. Une étude étendue des différentes étapes avec un panel élargi permettrait de mieux comprendre quels sont les leviers et les freins de la compréhension et de la caractérisation des différents enjeux de chacune des Parties Prenantes et de mieux appréhender comment faciliter l'intégration de ces enjeux dans un contexte de conception collaborative.

Pour assurer le suivi des projets tout au long de leur cycle de vie, il faut être capable d'avoir des indicateurs pour supporter les prises de décision. Nous avons vu durant cette thèse que la Valeur (dans le cadre d'une Analyse de la Valeur) peut être un indicateur qui permette à toutes les Parties Prenantes de converger. Cependant, les tests effectués se sont concentrés sur la partie amont du projet, c'est-à-dire lorsque les solutions ne sont pas encore déterminées ou sont encore floues (quel vélo fabriquer ?). On s'intéresse donc dans cette thèse à une approche qui est de la gestion des travaux de conception. L'enjeu serait de parvenir à assurer le suivi de cette Valeur jusque dans les phases de conception détaillées, c'est-à-dire au niveau du choix de chacun des composants. L'étude menée durant cette thèse s'est penchée rapidement sur cette question avec un exemple simple (quelques composants d'un vélo parmi un choix peu étendu de possibilités) et mériterait une étude plus approfondie. Il s'agit, entre autres, de travaux qui

pourraient être menés par des fabricants de systèmes complexes eux-mêmes du type « avion » ou « centrales nucléaires ».

En s'intéressant à des systèmes plus larges comme ceux évoqués, on peut relever une des limites de ces travaux : le lien avec les méthodologies de conception détaillée. En effet, il existe des méthodes de conception (Ingénierie Système, Product Lifecycle Management (PLM)), avec qui la méthodologie proposée pourrait s'interfacer et permettrait de comprendre, par exemple, les exigences en amont de la conception. Il s'agit d'une perspective scientifique de ces travaux (mais également d'une perspective technologique puisque l'implémentation d'un outil basé sur l'Analyse de la Valeur Soutenable pourrait être envisagée).

Pour permettre l'implémentation des méthodes et outils, il reste néanmoins à lever une des limites identifiées dans cette thèse. En effet, la capacité de caractériser les indicateurs issus du « Doughnut » afin d'évaluer un système reste une problématique. Dans cette thèse, il est question de territorialiser chaque système (sous-systèmes et composants) afin d'en évaluer l'impact socio-écologiques. Or, cette évaluation qui se rapporte à un territoire semble être limitée (sur certaines phases du cycle de vie à minima) pour certains systèmes mobiles, comme les avions. En effet, il semble difficile de territorialiser l'impact de ces avions lors des phases d'utilisation. Dans cette optique, des travaux supplémentaires permettraient de déterminer si ce lien au territoire peut être spécifié sur de tels systèmes ou s'il est préférable d'utiliser d'autres méthodologies qui restent à déterminer.

On peut relever certaines perspectives qui concernent les effets (positifs, ou non) de l'Analyse de la Valeur Soutenable sur certaines phases comme la recherche de solutions techniques : on ne sait pas dire, par exemple, quelle est l'influence de notre méthodologie sur cette étape cruciale. En effet, il semble que le recours à l'utilisation des capitaux, pour aider à la compréhension de la situation ou bien encore au Doughnut, dans certains projets, entraînera des répercussions en termes de connaissances des enjeux de soutenabilité.

Enfin, un des volets de perspectives concerne les Parties Prenantes en elles-mêmes et leur gestion. Au-delà de l'intégration de la dimension d'influences qu'on a pu voir durant cette thèse et qui amène à se poser la question de la représentativité de la valeur collective au sein de ces projets (comment s'assurer de la place des avis minoritaires et s'assurer qu'ils soient exprimés, quelles sont les barrières mentales à lever pour cela ? Comment gérer les compromis ? Comment assurer la convergence des Parties Prenantes sur un idéal de Valeur à atteindre ?), notre étude permet d'interroger la représentativité des Parties Prenantes (sont-ce les bonnes ? Qui pour les représenter ?), dans un contexte de soutenabilité. Des études complémentaires pourraient permettre par exemple de déterminer le lien entre les Parties Prenantes (représentants) et intégration des enjeux de soutenabilité.

6.3.2. Les perspectives technologiques

Pour accompagner au mieux ses clients, Assystem Project Management souhaite désormais développer un outil numérique capable de supporter la démarche d'Analyse de la Valeur Soutenable. En effet, l'entreprise y voit une opportunité de cadrer la méthodologie et de proposer des prestations à ses clients. Cette informatisation permettra de continuer à éprouver la méthodologie et pourrait permettre d'effectuer des comparaisons entre les démarches classiques et l'Analyse de la Valeur Soutenable en termes de performance (coût, qualité, temps). La Figure 39 permet d'illustrer l'état d'avancement de l'outillage au moment de l'écriture du manuscrit de thèse. En effet, le travail effectué est le travail préliminaire à l'outillage en tant que tel. Il s'agit de décrire la méthode de manière schématique. Ainsi, chacun des ronds représente

un concept mobilisé, les carrés bleus représentent les étapes de la méthode d'Analyse de la Valeur Soutenable et les flèches représentent les données d'entrées/sorties de chacune des étapes. L'enjeu est de s'assurer de la cohérence entre les données d'entrées et de sortie (ai-je ce qu'il faut pour que l'étape X fasse ce qui est attendu ?). Ainsi, on peut, en plus d'outiller numériquement la méthode, venir valider la cohérence des données d'entrées / sorties de la méthode.

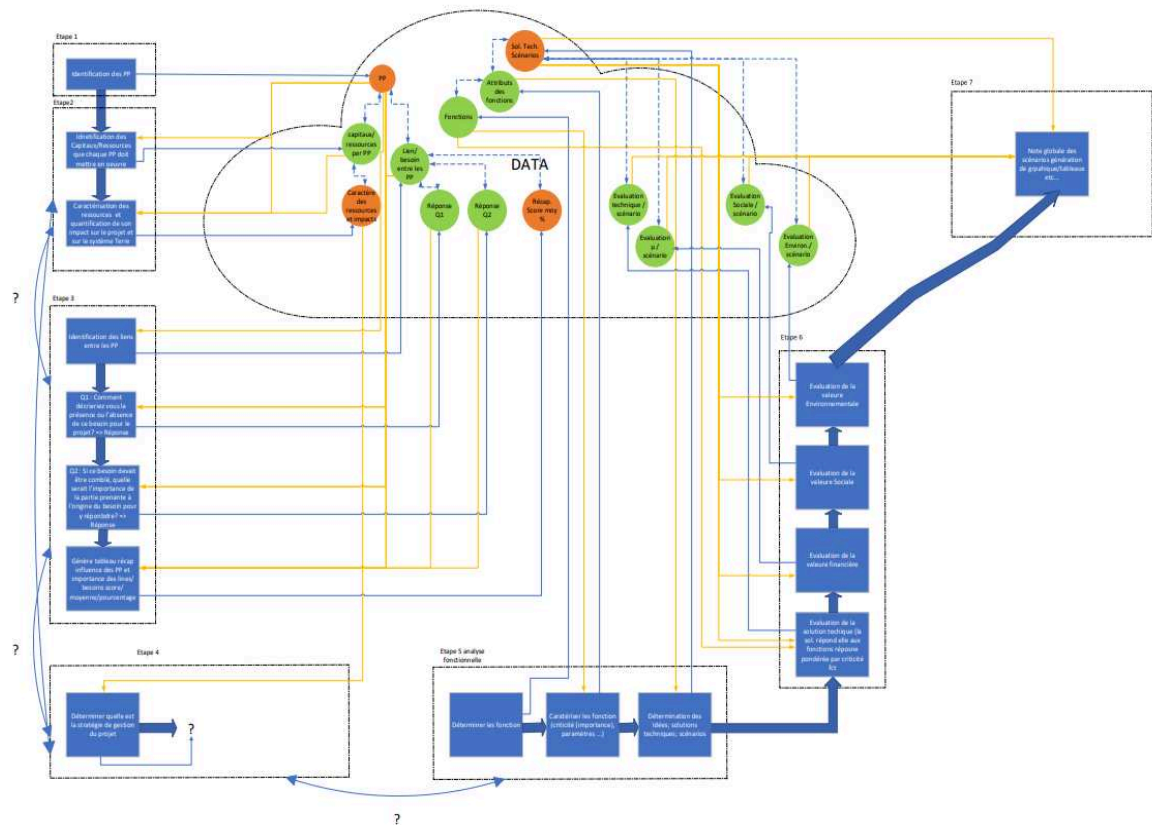


Figure 39 : Outil numérique en cours de développement pour aider les experts en Analyse de la Valeur de chez Assystem à appliquer l'Analyse de la Valeur Soutenable chez leurs clients

Pour assurer à Assystem Project Management qu'il y ait des personnes capables d'utiliser ces outils, il faudra que l'entreprise s'assure qu'il y ait des supports de formation. Ainsi, non seulement la méthodologie en elle-même mais aussi l'outil numérique devront être outillés en termes de formations. Comme cela a été évoqué dans les ateliers, la mise en situation via une « gamification » pourrait permettre de lever certaines incohérences / limites décrites et qui semble nuire à la compréhension de la méthodologie et il semblerait pertinent de développer des supports de formation basés sur « l'atelier Concepteurs ».

6.4. En résumé

Ce travail de thèse a permis d'aborder la problématique de l'intégration des enjeux de soutenabilité dans les processus de conception basés sur l'approche d'Analyse de la Valeur, en cherchant à mieux comprendre comment les Parties Prenantes perçoivent ces dimensions pour mieux les mesurer et les intégrer.

Sur la base d'expérimentations qui repose sur les 4 hypothèses (H1-Les capitaux permettent de cadrer l'identification des Critères de Valeur ; H2-Le Doughnut permet de supporter l'évaluation

des Critères de Valeur socio-écologiques ; H3-Le SVN permet de caractériser et mesurer les Critères de Valeur de chacune des Parties Prenantes et de supporter leur convergence ; H4-L'Analyse de la Valeur Soutenable permet aux praticiens d'intégrer les enjeux de soutenabilité), une proposition a été construite sous la forme d'un guide méthodologique suivant les principes de la Figure 22 : L'Analyse de la Valeur Soutenable comme méthodologie permettant d'intégrer les enjeux de soutenabilité.

Nous retenons de cette thèse que le contexte dans lequel évoluent les Parties Prenantes du projet est un levier pour intégrer les dimensions sociales et écologiques du projet : il faut qu'elles soient capables de comprendre et d'exprimer leurs enjeux individuels pour les intégrer à une vision collective de valeur perçue du projet.

Références

- Ben Ahmed, Walid, and Bernard Yannou. 2003. "Polysemy of Values or Conflict of Interests: A Multi-Disciplinary Analysis." *International Journal of Value-Based Management* 16(2):153–79. doi: 10.1023/A:1024083805727.
- Alchian, Armen A. 1953. "The Meaning of Utility Measurement." *The American Economic Review* 43(1):26–50.
- Allais, Romain. 2015. "Transition Systémique Pour Un Développement Durable: Entre Conception et Territoire, PhD Thesis, Université de Technologie de Troyes."
- Beisheim, Nicolai, and Florian Stotz. 2013. "Key Performance Indicators for Design and Engineering." Pp. 341–51 in *Advanced Concurrent Engineering*. Springer-Verlag London Ltd.
- Belkadi, Farouk, Eric Bonjour, and Maryvonne Dulmet. 2004. "Démarche de Modélisation d'une Situation de Conception Collaborative." Pp. 93–106 in *Document numérique*. Vol. 8.
- Bellini, Béatrice, and Marc Janin. 2019. "Écoconception : État de l'art Outils Disponibles." *Techniques de l'Ingénieur Article Réf. : G6010 V3*.
- Biermann, Frank, and Rakhyun E. Kim. 2020. "The Boundaries of the Planetary Boundary Framework: A Critical Appraisal of Approaches to Define a 'Safe Operating Space' for Humanity." *Annual Review of Environment and Resources* 45:497–521. doi: 10.1146/annurev-environ-012320-080337.
- Biffi, Stefan, Aybuke Aurum, Barry Bohem, Hakan Erdogmus, and Paul Grünbacher. 2006. *Value-Based Software Engineering*. Springer V. edited by S. Biffi, Aybüke Aurum, B. Boehm, H. Erdogmus, and P. Grünbacher. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bjørn, Anders, Mikolaj Owsianiak, Christine Molin, and Michael Z. Hauschild. 2017. "LCA History." Pp. 17–30 in *Life Cycle Assessment: Theory and Practice*. Springer International Publishing.
- Boehm, Barry. 2003. "Value-Based Software Engineering." *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes* 28(2):1–12. doi: <https://doi.org/10.1145/638750.638775>.
- Boehm, Barry, and Apurva Jain. 2006a. "6.1.3 A Value-Based Theory of Systems Engineering." *INCOSE International Symposium* 16:840–54. doi: 10.1002/j.2334-5837.2006.tb02785.x.
- Boehm, Barry, and Apurva Jain. 2006b. *A Value-Based Theory of Systems Engineering*.
- Boehm, Barry, and Apurva Jain. 2007. "The Value-Based Theory of Systems Engineering: Identifying and Explaining Dependencies." Pp. 918–32 in *17th Annual International Symposium of the International Council on Systems Engineering, INCOSE 2007 - Systems Engineering: Key to Intelligent Enterprises*. Vol. 2.
- Boehnert, Joanna. 2018. "Anthropocene Economics and Design: Heterodox Economics for Design Transitions." *She Ji, The Journal of Design, Economics, and Innovation* 4(4):355–74. doi: 10.1016/j.sheji.2018.10.002.
- Bonneuil, Christophe. 2015. "Chapitre 9. Une Nature Liquide ? Les Discours de La Biodiversité Dans Le Nouvel Esprit Du Capitalisme." Pp. 193–213 in *Le pouvoir de la biodiversité. Néolibéralisation de la nature dans les pays émergents* in F. Thomas et V. Boisvert (dir.).

- Bowen, Paul, Keith Cattell, Peter Edwards, and Ian Jay. 2010. "Value Management Practice by South African Quantity Surveyors." *Facilities* 28(1):46–63. doi: 10.1108/02632771011011396.
- Bratec, Florian. 2020. "Intégration de La Variabilité Géographique En Conception Responsable."
- Brundtland, Gro Harlem. 1987. "Our Common Future—Call for Action." *Environmental Conservation* 14(4):291–94. doi: 10.1017/S0376892900016805.
- Buchert, Tom, Friedrich A. Halstenberg, Jérémy Bonvoisin, Kai Lindow, and Rainer Stark. 2017. "Target-Driven Selection and Scheduling of Methods for Sustainable Product Development." *Journal of Cleaner Production* 161:403–21. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.05.067.
- Bullen, L., McLaren, S. J., Dowdell, D., & Chandrakumar, C. (2021). Absolute sustainability of New Zealand office buildings in the context of climate targets. *Building and Environment*, 205. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108186>
- Cameron, Bruce G. 2007. "Value Network Modeling."
- Chandrakumar, C., & McLaren, S. J. (2018). Towards a comprehensive absolute sustainability assessment method for effective Earth system governance: Defining key environmental indicators using an enhanced-DPSIR framework. *Ecological Indicators*, 90, 577–583. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.063>
- Chen, Haibin, Yu Yang, Yan Yang, Wei Jiang, and Jingcheng Zhou. 2014. "A Bibliometric Investigation of Life Cycle Assessment Research in the Web of Science Databases." *International Journal of Life Cycle Assessment* 19:1674–85.
- Clerc, Denis. 2010. "Un Penseur « contre-Productif»?" *Esprit* (367):126–35. doi: 10.3917/espri.1008.0126.
- Clift, Roland, Sarah Sim, Henry King, Jonathan L. Chenoweth, Ian Christie, Julie Clavreul, Carina Mueller, Leo Posthuma, Anne Marie Boulay, Rebecca Chaplin-Kramer, Julia Chatterton, Fabrice DeClerck, Angela Druckman, Chris France, Antonio Franco, Dieter Gerten, Mark Goedkoop, Michael Z. Hauschild, Mark A. J. Huijbregts, Thomas Koellner, Eric F. Lambin, Jacquetta Lee, Simon Mair, Stuart Marshall, Michael S. McLachlan, Llorenç Milà i Canals, Cynthia Mitchell, Edward Price, Johan Rockström, James Suckling, and Richard Murphy. 2017. "The Challenges of Applying Planetary Boundaries as a Basis for Strategic Decision-Making in Companies with Global Supply Chains." *Sustainability (Switzerland)* 9(2). doi: 10.3390/su9020279.
- Cluzel, François, Pialot Olivier, Fabien Michelin, and Marc Janin. 2020. *AVEC – Analyse de La Valeur Pour l'Eco-Conception. Rapport Final Du PRC EcoSD 18.2. 60 Pages.*
- Collignan, Arnaud. 2011. "Méthode d'optimisation et d'aide à La Décision En Conception Mécanique : Application à Une Structure."
- Le Dain, Marie-Anne, Eric Blanco, and Joshua David Summers. 2013. "ASSESSING DESIGN RESEARCH QUALITY: INVESTIGATING VERIFICATION AND VALIDATION CRITERIA." in *International Conference on Engineering Design (ICED13)*.
- Doughnut Economics Action Lab. 2020. *The Amsterdam City Doughnut, a Tool for Transformative Action.*
- Dunberry, Alain, and Céline Péchard. 2007. "L'évaluation de La Formation Dans l'entreprise : État de La Question et Perspectives." 49.

- European Commission. 1995. *Value Management - Handbook*.
- Everett, Eller. 2022. "Combining the Circular Economy, Doughnut Economy, and Permaculture to Create a Holistic Economic Model for Future Generations." in *Environ. Sci. Proc.* MDPI AG.
- FD X50-153:2009-09. 2009. "Value Engineering/Analysis --- Recommendation for Use." *Association Française de Normalisation, La Plaine Saint-Denis, France*.
- Feng, Wen. 2013. "Strategic Management for Large Engineering Projects: The Stakeholder Value Network Approach."
- Feng, Wen, Edward F. Crawley, Olivier De Weck, Rene Keller, and Bob Robinson. 2010. "Dependency Structure Matrix Modelling for Stakeholder Value Networks." *Managing Complexity by Modelling Dependencies - Proceedings of the 12th International DSM Conference* 12:3–16.
- Feng, Wen, Donald R. Lessard, Edward Crawley, Olivier de Weck, and Bruce G. Cameron. 2012. *Understanding the Impacts of Indirect Stakeholder Relationships Stakeholder Value Network Analysis and Its Application to Large Engineering Projects*. doi: 10.2139/ssrn.2162037.
- Fernandes, Manuel Teles. 2012. "A Holistic and Cultural View of Value." *Advances in Management & Applied Economics* 2(1):55–107.
- Fernandes, Manuel Teles. 2015. "Value Analysis: Going into a Further Dimension." *Engineering, Technology & Applied Science Research* 5(2):781–89.
- Filho, Walter Leal, and Sarah L. Hemstock. 2019. *Climate Change Management Climate Change and the Role of Education*.
- Fischer, Manuel, Daniel Foord, Jan Frecè, Kirsten Hillebrand, Ingrid Kissling-Näf, Rahel Meili, Marie Peskova, David Risi, René Schmidpeter, and Tobias Stucki. 2023a. "The Concept of Sustainable Development." Pp. 17–27 in.
- Fischer, Manuel, Daniel Foord, Jan Frecè, Kirsten Hillebrand, Ingrid Kissling-Näf, Rahel Meili, Marie Peskova, David Risi, René Schmidpeter, and Tobias Stucki. 2023b. "Why Sustainability?" Pp. 1–15 in.
- Fustec, Alan. 2016. "Évaluation Du Capital Intellectuel Par Des Indices De Notation, Profitabilité Et Performances Financières Des Entreprises." *Innovations* 51(3):125–46. doi: 10.3917/inno.051.0125.
- Fustec, Alan,; Yosra; Bejar, Thomas; Gounel, Stephano; Zambon, and Sébastien Thevoux. 2011. "Thésaurus-Bercy V1 Référentiel Français de Mesure de La Valeur Extra-Financière et Financière Du Capital Immatériel Des Entreprises Produit à La Demande Du Ministère de l'économie, Des Finances et de l'industrie Par Les Auteurs Ci-Dessous."
- Garel, Gilles, Vincent Giard, and Christophe Midler. 2001. "Management de Projet et Gestion Des Ressources Humaines." Pp. 818–43 in *Encyclopédie des ressources humaines*, edited by J. Allouche.
- Gastaldi, Lise, and Christophe Midler. 2005. "Exploration Concourante et Pilotage de La Recherche - Une Entreprise de Spécialités Chimiques." *Revue Française de Gestion* 155(2):173–89. doi: 10.3166/rfg.155.173-189.
- Gebler, M., Juraschek, M., Thiede, S., Cerdas, F., & Herrmann, C. (2022). Defining the "Positive Impact" of socio-technical systems for absolute sustainability: a literature review based on the

- identification of system design principles and management functions. In *Sustainability Science* (Vol. 17, Issue 6, pp. 2597–2613). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01168-1>
- Guinée, Jeroen B., Reinout Heijungs, Gjalt Huppes, Alessandra Zamagni, Paolo Masoni, Roberto Buonomi, Tomas Ekvall, and Tomas Rydberg. 2011. "Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future." *Environmental Science and Technology* 45(1):90–96. doi: 10.1021/es101316v.
- Gustafsson, Karin M., and Rolf Lidskog. 2018. "Organizing International Experts: IPBES's Efforts to Gain Epistemic Authority." *Environmental Sociology* 4(4):445–56. doi: 10.1080/23251042.2018.1463488.
- Ben Hamida, Sonia. 2017. "Innover En Concevant Des Systèmes et Services Favorisant La Création de Valeur : Proposition d ' Une Approche de Conception Pilotée Par La Valeur En Phases Amont de Conception, PhD Thesis, Ecole CentraleSupelec."
- Haraway, Donna. 1988. "SITUATED KNOWLEDGES: THE SCIENCE QUESTION IN FEMINISM AND THE PRIVILEGE OF PARTIAL PERSPECTIVE." *Feminist Studies* 14(3):575–99.
- Hass, K. B., and L. B. Lindbergh. 2010. "The Bottom Line on Project Complexity : Applying a New Complexity Model." Pp. 1–16 in *PMI® Global Congress 2010—North America, Washington, DC. Newtown Square, PA: Project Management Institute.*
- Hauschild, M. Z. (2015). Better - but is it good enough? On the need to consider both eco-efficiency and eco-effectiveness to gauge industrial sustainability. *Procedia CIRP*, 29, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.126>
- Hauschild, M. Z., Kara, S., & Røpke, I. (2020). Absolute sustainability: Challenges to life cycle engineering. *CIRP Annals*, 69(2), 533–553. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.05.004>
- Hein, Andreas M., Marija Jankovic, Wen Feng, Romain Farel, Jeremy H. Yune, and Bernard Yannou. 2017. "Stakeholder Power in Industrial Symbioses: A Stakeholder Value Network Approach." *Journal of Cleaner Production* 148(February):923–33. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.01.136.
- Hogg, Michael A., and R. Scott Tindale. 2008. "Blackwell Handbook of Social Psychology: Group Processes." *Blackwell Handbook of Social Psychology: Group Processes* 1–696. doi: 10.1002/9780470998458.
- Hosseini, D. D. 2023. "Decolonial Thinking and Dialogue: Rehumanizing Educational Practices in the Social Sciences." *OSF Preprints*. Retrieved September 18, 2023 (10.31219/osf.io/txjpc).
- Hull, E., K. Jackson, and J. Dick. 2010. *Requirements Engineering*.
- Ibáñez-Forés, V., M. D. Bovea, and V. Pérez-Belis. 2014. "A Holistic Review of Applied Methodologies for Assessing and Selecting the Optimal Technological Alternative from a Sustainability Perspective." *Journal of Cleaner Production* 70:259–81. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.01.082.
- Illich, Ivann. 1973. *Œuvres Complètes*. Vol. 1.
- INCOSE, Systems Engineering Ressource Center, and IEEE Computer Society. 2016. *Guide to the Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK)*.
- ISO. 2006. *ISO 14044:2006 - Management Environnemental — Analyse Du Cycle de Vie — Exigences et Lignes Directrices*.

- ISO 14062. 2002. *Management Environnemental-Intégration Des Aspects Environnementaux Dans La Conception et Le Développement de Produit.*
- ISO/CD 26000. 2010. *ISO 26000:2010 - Guidance on Social Responsibility.*
- Jiang, Yuchen, and Shen Yin. 2019. "Recent Advances in Key-Performance-Indicator Oriented Prognosis and Diagnosis with a MATLAB Toolbox: DB-KIT." *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 15(5):2849–58. doi: 10.1109/TII.2018.2875067.
- Kolltveit, Bjørn Johs, and Kjell Grønhaug. 2004. "The Importance of the Early Phase: The Case of Construction and Building Projects." *International Journal of Project Management* 22(7):545–51. doi: 10.1016/j.ijproman.2004.03.002.
- Kostalova, Jana, and Libena Tetrevoval. 2014. "Project Management and Its Tools in Practice in the Czech Republic." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 150:678–89. doi: 10.1016/j.sbspro.2014.09.087.
- Lasa, Ibon Serrano, Carlos Ochoa Laburu, and Rodolfo De Castro Vila. 2008. "An Evaluation of the Value Stream Mapping Tool." *Business Process Management Journal* 14(1):39–52. doi: 10.1108/14637150810849391.
- Lavis, T., Panariello, R., Perdu, F., Rolère, S., & Zwolinski, P. (2024). Developing a Methodological Framework for Assessing Absolute Sustainability in Battery Upscaling within Planetary Boundaries. *Procedia CIRP*, 122, 766–771. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.106>
- Lee, Sung Heum, and James A. Pershing. 1999. "Effective Reaction Evaluation in Evaluating Training Programs - Purposes and Dimension Classification." *Performance Improvement* 38(8).
- Leroy, Yann. 2011. "Éco-Concevoir, Les Outils et Méthodes." *Techniques de l'Ingénieur - Fiche Pratique Réf. : 0276.*
- Lévy, Pierre, and Anne Guénand. 2003. "Including Interdisciplinary to Industrial Design."
- Lima, Léa. 2009. "Les Frontières de l'expertise." *Cahiers Internationaux de Sociologie* 126(1):149–55. doi: 10.3917/cis.126.0149.
- Malak, Richard J., Jason Matthew Aughenbaugh, and Christiaan J. J. Paredis. 2009. "Multi-Attribute Utility Analysis in Set-Based Conceptual Design." *CAD Computer Aided Design* 41(3):214–27. doi: 10.1016/j.cad.2008.06.004.
- Mandelbaum, Jay, and Danny L. Reed. 2006. *Value Engineering Handbook.*
- Mascarenhas, André, Luís M. Nunes, and Tomás B. Ramos. 2015. "Selection of Sustainability Indicators for Planning: Combining Stakeholders' Participation and Data Reduction Techniques." *Journal of Cleaner Production* 92:295–307. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.01.005.
- Maznan, Nur Amani, Aini Jaapar, Nor Azmi Ahmad Bari, and Mardhiah Zawawi. 2012. "Value Management: Private Sector's Perception." *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 50(July):383–91. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.08.043.
- Messmann, Lukas, Victoria Zender, Andrea Thorenz, and Axel Tuma. 2020. "How to Quantify Social Impacts in Strategic Supply Chain Optimization: State of the Art." *Journal of Cleaner Production* 257:120459. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120459.

- Midler, Christophe. 1993. *L'auto Qui n'existait Pas : Management Des Projets et Transformation de l'entreprise*.
- Millet, Dominique, Luigi Bistagnino, Roger Camous, and Ameziane Aoussat. 2004. "Integration of New Dimensions in Design Process - Application to the Environmental Dimension." Pp. 209–22 in *Methods and Tools for Co-operative and Integrated Design*, edited by Tichkiewitch S. and B. D. (eds). Kluwer Academic Publishers.
- Morgan, Ronald B., and Wendy J. Casper. 2000. "Examining the Factor Structure of Participant Reactions to Training: A Multidimensional Approach." *Human Resource Development Quarterly* 11(3):301–17. doi: 10.1002/1532-1096(200023)11:3<301:AID-HRDQ7>3.0.CO;2-P.
- Moshrefi, S., Kara, S., & Hauschild, M. (2019). A framework for estimating regional footprint of companies towards absolute sustainability. *Procedia CIRP*, 80, 446–451. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.01.050>
- NF EN 1325:2014-04. 2014. "Value Management — Vocabulary — Terms and Definitions." *Association Française de Normalisation, La Plaine Saint-Denis, France*.
- NF X50-152:2007-09. 2007. "Value Management — Basic Characteristics of Value Analysis." *Association Française de Normalisation, La Plaine Saint-Denis, France*.
- O'Neill, Daniel W., Andrew L. Fanning, William F. Lamb, and Julia K. Steinberger. 2018. "A Good Life for All within Planetary Boundaries." *Nature Sustainability* 1(2):88–95. doi: 10.1038/s41893-018-0021-4.
- Parsonsová, Aneta. 2021. "Downscaling Planetary Boundaries to the National Level: A Review of Methods and Indicators." *Journal of Landscape Ecology* 14(2):39–45.
- Pelenc, Jérôme, Jérôme Ballet, and Tom Dedeurwaerdere,. 2015. *Global Sustainable Development Report: Weak Sustainability versus Strong Sustainability*.
- Pereira, Brenda Medeiros, Luiz Afonso dos Santos Senna, and Luis Antonio Lindau. 2018. "Stakeholder Value Network: Modeling Key Relationships for Advancing towards High Quality Bus Transit Systems." *Research in Transportation Economics* 69:386–93. doi: 10.1016/j.retrec.2018.09.001.
- Pimentel, David, O. Bailey, P. Kim, E. Mullaney, J. Calabrese, L. Walman, F. Nelson, and X. Yao. 1999. "WILL LIMITS OF THE EARTH ' S RESOURCES CONTROL HUMAN NUMBERS ?" *Environment, Development and Sustainability* 1:19–39.
- Project Management Institute. 2013. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge - PMBOK Guide, Fifth Edition*.
- Purvis, Ben, Yong Mao, and Darren Robinson. 2019. "Three Pillars of Sustainability: In Search of Conceptual Origins." *Sustainability Science* 14(3):681–95. doi: 10.1007/s11625-018-0627-5.
- Pyster, Art, Rick Adcock, Mark Ardis, Rob Cloutier, Devanandham Henry, Linda Laird, Harold Bud Lawson, Michael Pennotti, Kevin Sullivan, and Jon Wade. 2015. "Exploring the Relationship between Systems Engineering and Software Engineering." Pp. 708–17 in *Procedia Computer Science*. Vol. 44. Elsevier.
- Ramos, Tomás B. 2019. "Sustainability Assessment: Exploring the Frontiers and Paradigms of Indicator Approaches." *Sustainability (Switzerland)* 11(3). doi: 10.3390/su11030824.

- Raworth, Kate. 2012. "A Safe and Just Space for Humanity - Can We Live within the Doughnut ?" *Oxfam Discussion Papers*. doi: 10.4324/9781849776257.
- Raworth, Kate. 2017. "A Doughnut for the Anthropocene: Humanity's Compass in the 21st Century." *Www.TheLancet.Com/Planetary-Health* 1:e48–49. Retrieved ([http://dx.doi.org/10.1016/S2542-5196\(17\)30028-1](http://dx.doi.org/10.1016/S2542-5196(17)30028-1)).
- Rethore, Olivier, ADEME, Guillaume AUDARD, Philippe OSSET, Solinnen, Charlotte PALLUAU, Magali HUGREL, and Bleu Safran. 2021. *Empreinte Projet : Evaluer l'empreinte Environnementale d'un Projet*.
- Rockström, Johan, W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, E. F. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. J. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. A. Foley. 2009. "A Safe Operating Space for Humanity." *Nature* 461(September):472–75.
- Rodriguez Moreno, Paulina del Carmen. 2016. "Intégration de Considérations Environnementales Dans La Phase Conceptuelle Du Processus de Conception de Nouveaux Produits, PhD Thesis, Université de Technologie de Troyes."
- Rodriguez Moreno, Paulina, Serge Rohmer, and Hwong Wen Ma. 2015. "Collaborative Process between Functional Analysis et Life Cycle Assesment: Integrating Environmental Considérations into Early Stages of Design Process." *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED 1(DS 80-01)*:151–60.
- Rodriguez Moreno, Paulina, Serge Rohmer, and Hwong-Wen Ma. 2015. "Analysis of Potential Relationships between Functional Analysis and Life Cycle Assessment." *Procedia CIRP - 22th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference* 390–95.
- Roh, Philip, Andreas Kunz, and Konrad Wegener. 2019. "Information Stream Mapping: Mapping, Analysing and Improving the Efficiency of Information Streams in Manufacturing Value Streams." *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* 25:1–13. doi: 10.1016/j.cirpj.2019.04.004.
- Ryberg, M. W., Andersen, M. M., Owsianiak, M., & Hauschild, M. Z. (2020). Downscaling the planetary boundaries in absolute environmental sustainability assessments – A review. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 276). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123287>
- SAVE International. 2007. *Value Standard and the Body of Knowledge*.
- Seymour, Tom, and Sara Hussein. 2014. "The History Of Project Management." *International Journal of Management & Information Systems (IJMIS)* 18(4):233. doi: 10.19030/ijmis.v18i4.8820.
- Simon, Herbert A. 1960. *The New Science of Management Decision*. New York: Harper & Brothers.
- Simon, Herbert A. 1969. *The Sciences of the Artificial*. The MIT Press.
- Sioen, Giles, Yulong Wang, Maya Dhondt, Kazuo Hiekata, Onuki Motoharu, and Takashi Mino. 2019. "An SVN Model-Based Approach to Assessing the Gap between Strategy and Implementation: The Case of Kashiwa-No-Ha Smart City." *Characterizing the Gap Between Strategy and Implementation* (April):48–63.
- Solow, Robert. 1993. "An Almost Practical Step toward Sustainability." *Resources Policy* 162–72.

- Spaulding, We Mild, Adrian Bridge, and Martin Skitmore. 2005. "The Use of Function Analysis as the Basis of Value Management in the Australian Construction Industry." *Construction Management and Economics* 23(7):723–31. doi: 10.1080/01446190500040679.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, Stephen R. Carpenter, Wim De Vries, Cynthia A. De Wit, Carl Folke, Dieter Gerten, Jens Heinke, Georgina M. Mace, Linn M. Persson, Veerabhadran Ramanathan, Belinda Reyers, and Sverker Sörlin. 2015. "Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet." *Science* 347(6223). doi: 10.1126/science.1259855.
- Sutherland, Timothy A. 2009. "Stakeholder Value Loop Analysis for Space-Based Earth Observations."
- Tangen, Stefan. 2003. "An Overview of Frequently Used Performance Measures." *Work Study* 52(7):347–54. doi: 10.1108/00438020310502651.
- University of Cambridge Institute for Sustainability Leadership. 2019. "Linking Planetary Boundaries to Business." 20.
- Valenzuela-Venegas, Guillermo, J. Cristian Salgado, and Felipe A. Díaz-Alvarado. 2016. "Sustainability Indicators for the Assessment of Eco-Industrial Parks: Classification and Criteria for Selection." *Journal of Cleaner Production* 133:99–116. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.05.113.
- Verrier, Arnaud, Maud Bodin Veraldi, Dominique Chambery, Daniel Delorge, Alan Fustec, Jean-Manuel Gaget, Yves Lapierre, Christophe Le Cornec, Marc Michen, Sylvain Tigé, and Henri Verrier. 2019. "Thésaurus Capital Immatériel 2019."
- Visentin, Caroline, Adan William da Silva Trentin, Adeli Beatriz Braun, and Antônio Thomé. 2020. "Life Cycle Sustainability Assessment: A Systematic Literature Review through the Application Perspective, Indicators, and Methodologies." *Journal of Cleaner Production* 270. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122509.
- Al Waer, H., and D. J. Clements-Croome. 2010. "Key Performance Indicators (KPIs) and Priority Setting in Using the Multi-Attribute Approach for Assessing Sustainable Intelligent Buildings." *Building and Environment* 45(4):799–807. doi: 10.1016/j.buildenv.2009.08.019.
- Weise, S., Abdur-Rahman, A., Cerdas, F., & Herrmann, C. (2024). Determination of circular economy targets based on absolute sustainability: A case study on plastics. *Procedia CIRP*, 122, 743–747. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.02.023>
- Wojciech Macek, Wojciech Macek. 2011. "Methodologies of Project Management." *Contemporary Economics* 4(4). doi: 10.5709/ce.1897-9254.o188.
- Zwolinski, Peggy. 2013. "Conception Intégrée de Produits Durables : De l'éco-Conception Aux Nouveaux Paradigmes de Production et de Consommation." *Marché et Organisations* N° 17(1):17–29. doi: 10.3917/maorg.017.0017.

Annexes

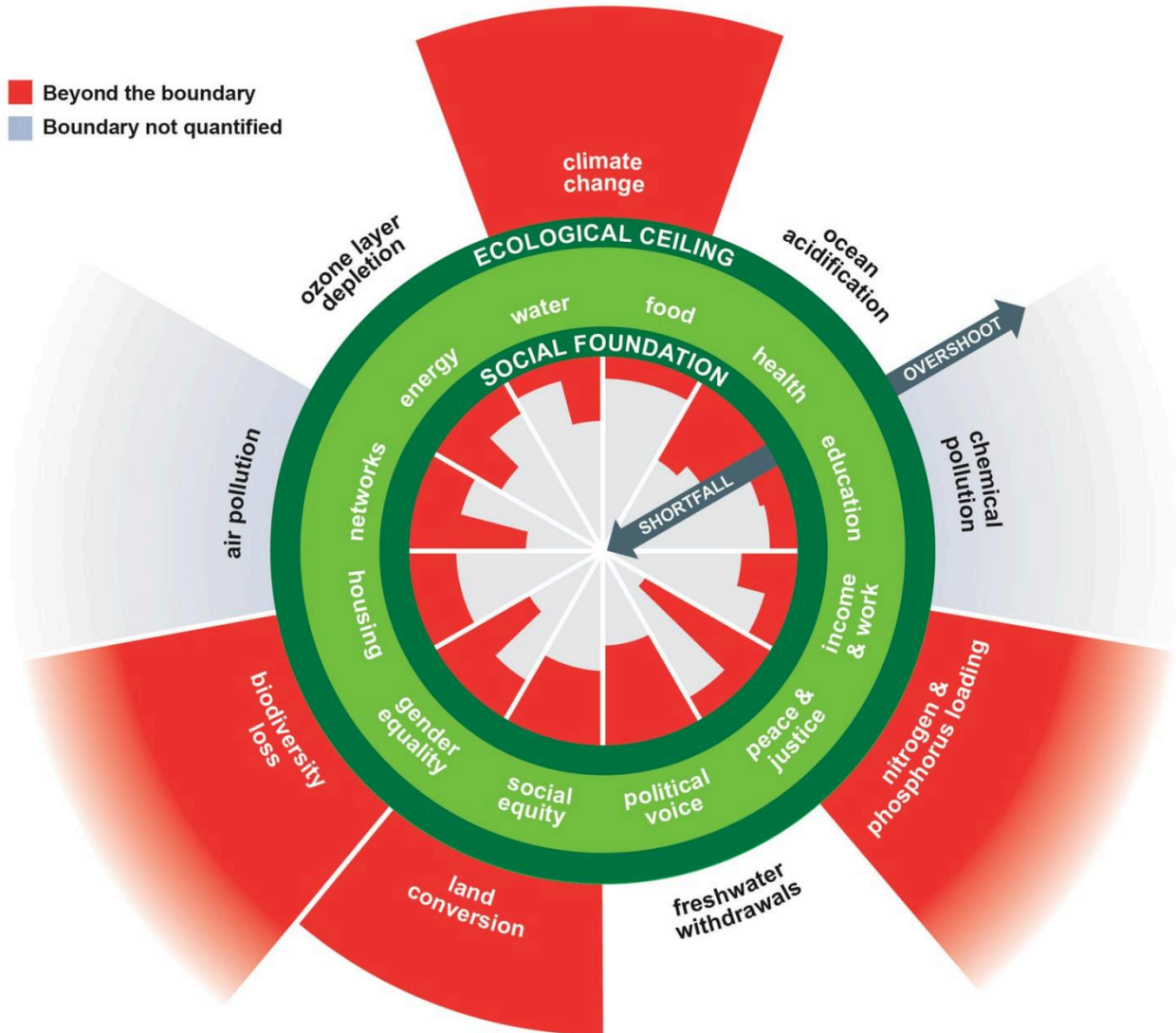
Annexe 1 : Dossier support « atelier-formation Analyse de la Valeur et Soutenabilité »	126
Annexe 2 : Quelques données complémentaires.....	133

Annexe 1 : Dossier support « atelier-formation Analyse de la Valeur et Soutenabilité »

Il s'agit de la documentation fournie lors de l'atelier « Doughnut ».

Support « Donut »

Le Donut de (Raworth 2012)



Résumé des indicateurs

Données issues de (O'Neill et al., 2018) :

Limites planétaires

Earth-system process	Parameters	Proposed boundary	Current status (as of 2009)	Pre-industrial value
Climate change	Atmospheric carbon dioxide concentration (parts per million by volume)	350	387	280
	Change in radiative forcing (watts per metre squared)	1	1.5	0
Rate of biodiversity loss	Extinction rate (number of species per million species per year)	10	>100	0.1–1
Nitrogen cycle	Amount of nitrogen removed from the atmosphere for human use (millions of tonnes per year)	35	121	0
Phosphorus cycle	Quantity of phosphorus flowing into the oceans (millions of tonnes per year)	11	8.5-9.5	-1
Stratospheric ozone depletion	Concentration of ozone (Dobson unit)	276	283	290
Ocean acidification	Global mean saturation state of aragonite in surface sea water	2.75	2.90	3.44
Global freshwater use	Consumption of freshwater by humans (km ³ per year)	4,000	2,600	415
Change in land use	Percentage of global land cover converted to crop land	15	11.7	low
Atmospheric aerosol loading	Overall particulate concentration in the atmosphere, on a regional basis	To be determined		
Chemical pollution	E.g. amount emitted to, or concentration of persistent organic pollutants, plastics, endocrine disrupters, heavy metals and nuclear waste in, the global environment, or the effects on ecosystem and functioning of Earth system thereof	To be determined		

Source: Rockström et al (2009b). Shaded areas show boundaries that have been crossed.

Seuils sociaux

Social foundation	Extent of global deprivation (illustrative indicators)	Percentage	Year
Food security	Population undernourished	13%	2006–8
Income	Population living below \$1.25 (PPP) per day	21%	2005
Water and sanitation	Population without access to an improved drinking water source	13%	2008
	Population without access to improved sanitation	39%	2008
Health care	Population estimated to be without regular access to essential medicines	30%	2004
Education	Children not enrolled in primary school	10%	2009
	Illiteracy among 15–24-year-olds	11%	2009
Energy	Population lacking access to electricity	19%	2009
	Population lacking access to clean cooking facilities	39%	2009
Gender equality	Employment gap between women and men in waged work (excluding agriculture)	34%	2009
	Representation gap between women and men in national parliaments	77%	2011
Social equity	Population living on less than the median income in countries with a Gini coefficient exceeding 0.35	33%	1995–2009
Voice	E.g. Population living in countries perceived (in surveys) not to permit political participation or freedom of expression	To be determined	
Jobs	E.g. Labour force not employed in decent work	To be determined	
Resilience	E.g. Population facing multiple dimensions of poverty	To be determined	

Sources: FAO⁹, World Bank¹⁰, UNStat¹¹, WHO¹², IEA¹³, and Solt 2009¹⁴

Données issues de (O'Neill et al., 2018) :

Limites planétaires

Table 1. Country performance with respect to per capita biophysical boundaries

Biophysical Indicator	<i>N</i>	Planetary Boundary	Per Capita Boundary	Countries Within Boundary (%)
CO ₂ Emissions	145	2 °C warming	1.61 t CO ₂ y ⁻¹	34
Phosphorus	144	6.2 Tg P y ⁻¹	0.89 kg P y ⁻¹	44
Nitrogen	144	62 Tg N y ⁻¹	8.9 kg N y ⁻¹	45
Blue Water	141	4000 km ³ y ⁻¹	574 m ³ y ⁻¹	84
eHANPP	150	18.2 Gt C y ⁻¹	2.62 t C y ⁻¹	44
Ecological Footprint	149		1.72 gha y ⁻¹	43
Material Footprint	144		7.2 t y ⁻¹	44

Seuils sociaux

Table 2. Country performance with respect to social thresholds.

Social Indicator	<i>N</i>	Threshold	Countries Above Threshold (%)
Life Satisfaction	134	6.5 on 0–10 Cantril ladder scale	25
Healthy Life Expect.	134	65 years	40
Nutrition	144	2700 kilocalories per person per day	59
Sanitation	141	95% of people have access to improved sanitation facilities	37
Income	106	95% of people earn above \$1.90 a day	68
Access to Energy	151	95% of people have electricity access	59
Education	117	95% enrolment in secondary school	37
Social Support	133	90% of people have friends or family they can depend on	26
Democratic Quality	134	0.80 (approximate US/UK value)	18
Equality	133	70 on 0–100 scale (GINI index of 0.30)	16
Employment	151	94% employed (6% unemployment)	38

Lien vers l'outil en ligne : <https://goodlife.leeds.ac.uk/national-snapshots/countries/>

Données « vélo »

Parties Prenantes et attentes

- les besoins :

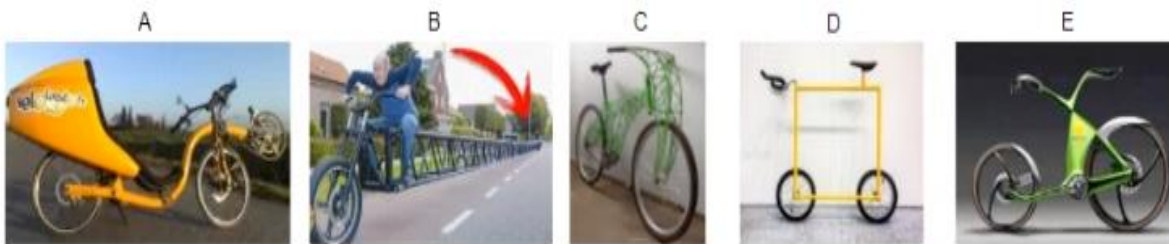
Stakeholders at the origin of the need	Average expected value FROM each Stakeholder	Average expected value FOR each Stakeholder
• Project leader	11%	10%
• Marketing	29%	17%
• Engineering	7%	10%
• Manufacturing	2%	10%
• Customer Services	10%	9%
• Procurement	12%	4%
• Costing	3%	10%
• Subcontractors	4%	8%
• Users	4%	10%
• Civilians ("civil society")	18%	10%

- Les attendus :

"Arc"	% "arc"
Ecologically positive: no pollution	27%
Finish the project in time	2%
Have efficient materials and processes (ressources)	8%
Cost (financial)	30%
Positive impact in a (social) local and global scale: employment, territory ressources, etc.	34%

Solutions proposées

- les solutions techniques :



Alternatives	
A	Wood - lying back
B	Iron - long train
C	Aluminum - network structure
D	Cardboard square
E	Carbon

- Analyse fonctionnelle :

List of functions	
FS1	Transport the user from one location to another
FC1	Meet user's performance expectations
FC2	Meet manufacturing process, methods and tools
FC3	Resist to environmental conditions (sun, rain...)
FC4	Have a low environmental impact
FC5	Be affordable in terms of price
FC6	Generate ROI to the shareholders
FC7	Meet safety regulations
FC8	Be available in 2023
FC9	Support accessories
FC10	Meet maintenance rules

Alternatives / Fonctions	FS1	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	TOTAL (/5)
A	5	3	3	4	4	2	4	5	4	2	3	3,5
B	5	2	3	3	2	1	5	5	3	3	3	3,2
C	5	3	3	4	2	2	4	5	4	2	3	3,4
D	5	4	3	2	3	4	5	5	3	1	2	3,4
E	5	5	3	4	1	2	4	5	4	5	3	3,7
Classical (ref)	5	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3,3

- Analyse financière :

Scénarios\Coûts	Coût d'investissement et d'entretien (10 ans)	Recettes (10 ans)	Valeur (éco) 10 ans
A	213	722	509
B	123	521	398
C	142	499	357
D	300	499	199
E	225	654	429
ref	12	369	357

- Analyse des solutions :

alternatives	technologies	materials (components)			lifecycle		
		frame	transmission	wheel	manufacturing	assembly	end of life
A	extrusion	wood	wood	wood	France	France	France
	assemblage pièces	wood	wood	wood		France	
B	injection	iron	iron	aluminum	China	Germany	
	assemblage pièces	iron	iron	aluminum			
	extrusion	iron	iron	aluminum			
C	assemblage pièces	aluminum	aluminum	aluminum	China		
D	assemblage pièces	cardboard	cardboard	cardboard	France (60%), Germany (40%)		
E	extrusion	carbon	carbon	carbon	USA	France	
	injection + assemblage pièces	carbon	carbon	carbon			
Reference	assemblage pièces	aluminum	aluminum	aluminum	China	China	

- Quelques estimations :

	Total CO2 (kg)	Frame (kg)	Transmission (kg)	Bearing (kg)
Iron bike	5,32	2,39	1,06	1,86
“traditional bike” (ref)	5,3	2,385	1,06	1,855
All carbon bike	6,3	2,835	1,26	2,205
Aluminium bike	?	2,385	?	?
Wood frame bike	3	1,35	0,6	1,05
Cardboard square	2	0,9	0,4	0,7

Annexe 2 : Quelques données complémentaires

Il s'agit de données qui permettent d'appuyer nos propos concernant nos conclusions par rapport aux résultats des mises à l'épreuve.

Figure complémentaire 1

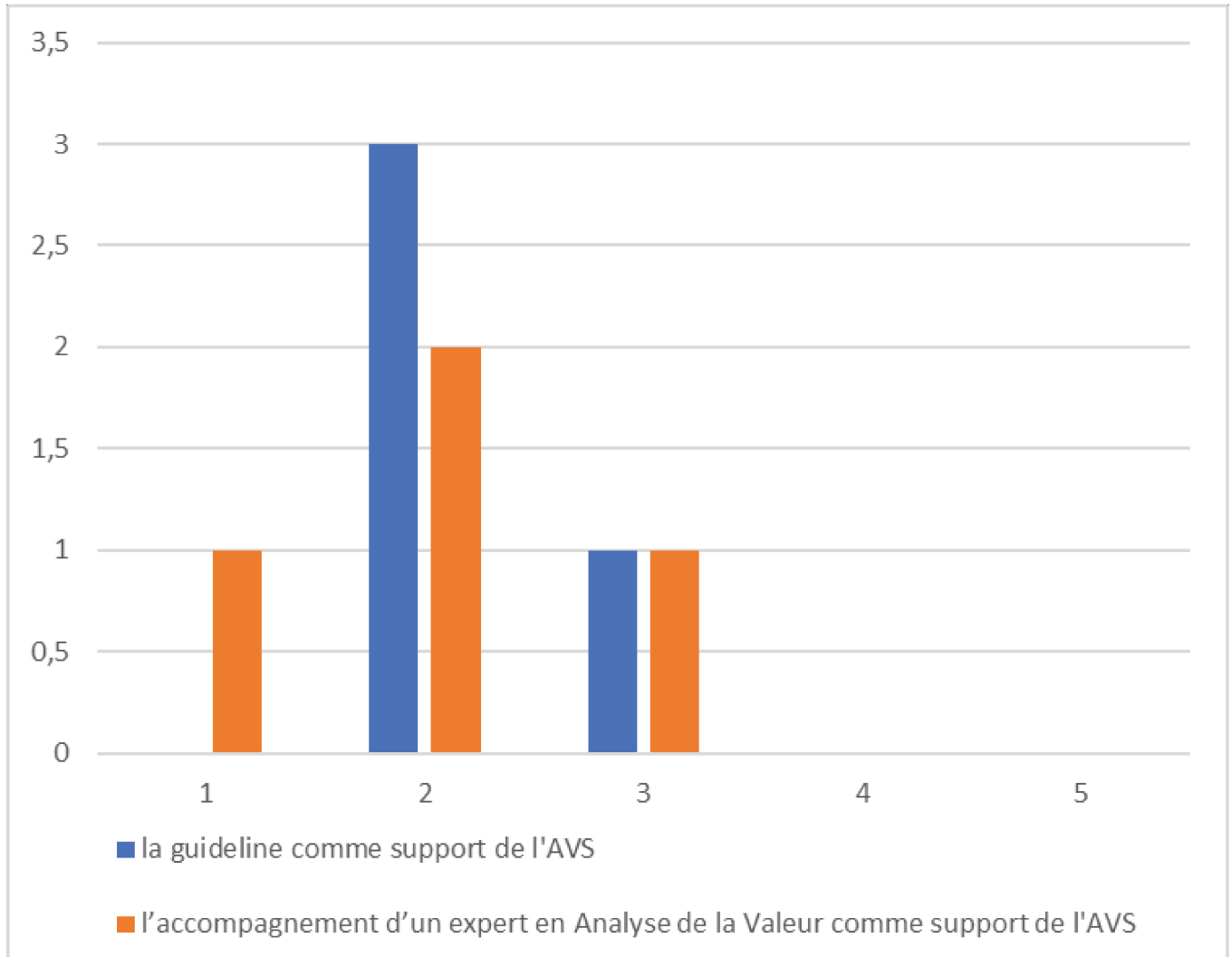


Figure 40 : En bleu, réponse des concepteurs expérimentés à la question « pensez-vous être capable d'appliquer la démarche d'AVS avec la guideline comme support ? ». L'échelle va de 1, « oui, je suis prêt » à 5, « non, absolument pas ». En orange, réponse des concepteurs expérimentés à la question « pensez-vous être capable d'appliquer la démarche d'AVS avec l'accompagnement d'un expert en Analyse de la Valeur ? ». L'échelle va de 1, « Oui, allons-y ! » à 5, « non merci ! ».

Figure complémentaire 2

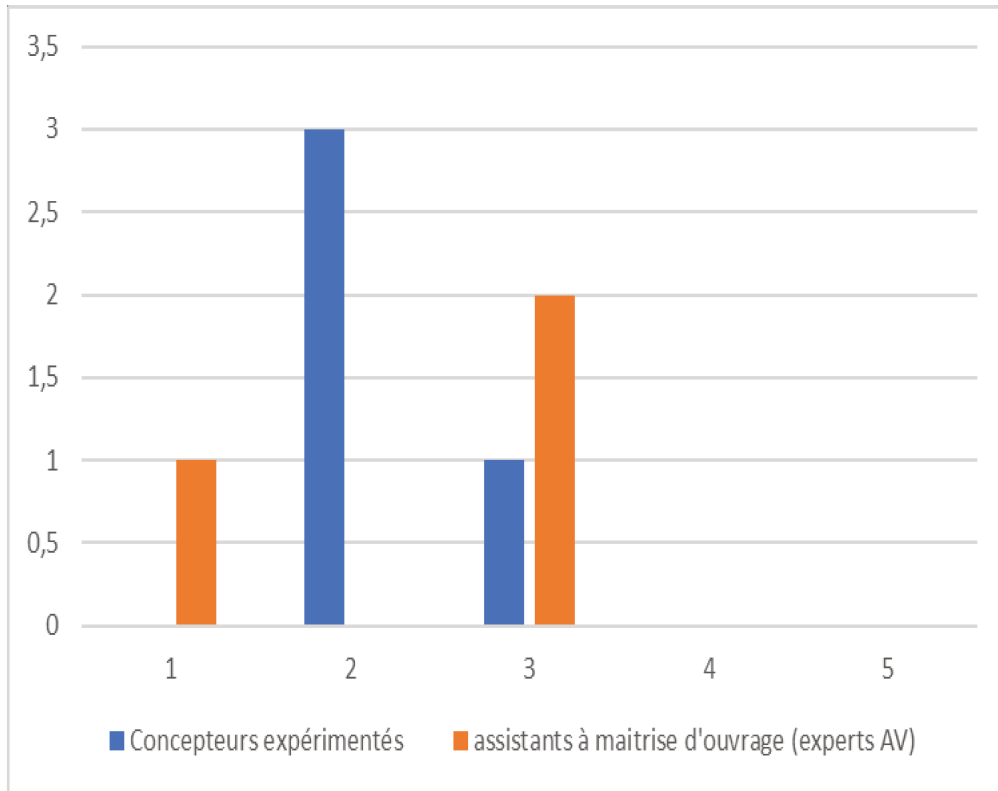


Figure 41 : Réponse des participants à la question "pensez-vous être capable d'appliquer la démarche d'AVS avec la guideline comme support ? ». L'échelle va de 1, « oui, tout à fait » à 5, « non, pas du tout ! ».

Alexis LALEVÉE

Doctorat : Systèmes SocioTechniques

Année 2024

Intégration des enjeux de soutenabilité dans les projets de conception – Approche par les parties prenantes

L'Analyse de la Valeur est une méthode utilisée dans l'ingénierie de projets complexes. Face aux évolutions de notre environnement, les attentes des Parties Prenantes de ces projets de conception évoluent. Pour intégrer leurs Critères de Valeur dans les décisions, il faut comprendre leurs perceptions individuelles et collectives de la valeur. La notion de valeur doit intégrer les dimensions sociales, écologiques et financières.

Cette thèse participe à la compréhension des leviers pour intégrer l'ensemble des dimensions de la Soutenabilité et pour caractériser ces dimensions dans un contexte de conception basé sur l'Analyse de la Valeur. Cette recherche a été menée dans le cadre d'un contrat CIFRE avec une entreprise de conseil en gestion de projets.

La proposition de la thèse est un modèle de valeur soutenable et une méthode d'Analyse de la Valeur Soutenable qui vise à intégrer les enjeux de soutenabilité par et pour les Parties Prenantes. Cette démarche s'adresse aux praticiens de la gestion de projets avec lesquels des mises à l'épreuve sont effectuées.

La méthode s'appuie sur deux concepts principaux : les capitaux pour comprendre la situation dans laquelle évoluent les Parties Prenantes ; le Stakeholder Value Network pour mesurer ces Critères de Valeur. L'évaluation et le suivi de la valeur soutenable du projet s'appuient sur les limites planétaires.

Élaborée et validée avec des praticiens sur la base d'analyses empiriques et d'ateliers d'experts, la méthode vise un déploiement opérationnel au sein de l'entreprise.

Mots clés : design durable – parties prenantes (gestion d'entreprises) – méthodologie – analyse de la valeur – systèmes d'aide à la décision – ingénierie.

Integrating Sustainability Issues into Design Projects - a Stakeholder-based Approach

Value Analysis is a method used in the engineering of complex projects. As our environment evolves, so do the expectations of Stakeholders in these design projects. To integrate their value criteria into decisions, we need to understand their individual and collective perceptions of value. The notion of value must integrate social, ecological, and financial dimensions.

This PhD thesis contributes to understanding the levers for integrating all the dimensions of sustainability and characterising these dimensions in a design context based on Value Analysis. This research was carried out under a "CIFRE" contract with a project management consultancy.

The PhD thesis proposal is a sustainable value model and a sustainable value analysis method that aims to integrate sustainability issues by and for Stakeholders. This approach is intended for project management practitioners, with whom it will be tested.

The method is based on two main concepts: capital, to understand the situation in which Stakeholders operate, and the Stakeholder Value Network, to measure these value criteria. The assessment and monitoring of the sustainable value of the project are based on planetary boundaries.

Developed and validated with practitioners based on empirical analyses and expert workshops, the method is designed for operational deployment within the company.

Keywords: sustainable design – stakeholders – methodology – value analysis (cost control) – decision support systems – engineering.

Thèse réalisée en partenariat entre :

