

# PRC ECOSD 18.2

AVEC – Analyse de la Valeur pour l'Eco-Conception

Juillet 2020

N° de contrat : *PRC EcoSD 18.2*

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : *CentraleSupélec et la Direction Générale de l'Armement (DGA)*

Coordination technique ADEME : *BORTOLI PUIG Hélène* – Direction\Service : *ANGERS DECD SPEM*



**SYNTHESE D'ETUDE**

En partenariat avec :



## REMERCIEMENTS

Coline Assaiante (RTE)  
Ghaya Ben Hamouda (CentraleSupélec)  
Guillaume Busato (RTE)  
Olaf de Hemmer Gudme (Valeur(s) & Management)  
Julien Garcia (Groupe PSA)  
Christophe Gobin (Vinci Construction France)  
Ion Cosmin Gruescu (Université Lille 1)  
Gonzalo Huaroc (Pôle National Eco-Conception)  
Stéphane Le Pochat (EVEA)  
Yann Leroy (CentraleSupélec)  
Samuel Mayer (Pôle National Eco-Conception)  
Nicolas Perry (Arts & Métiers Bordeaux)  
Serge Rohmer (UTT)  
Jean-Pierre Amath Sarr (CentraleSupélec)  
Samuli Vaija (Orange)  
Flore Vallet (IRT SystemX/CentraleSupélec)  
Marc Vautier (Orange)

Merci également aux experts de la DGA (architecte, estimateur de coût, expert analyse fonctionnelle) qui ont contribué au cas d'étude

## CITATION DE CETTE SYNTHÈSE

**Cluzel François, Pialot Olivier, Michelin Fabien, Janin Marc. 2020. AVEC – Analyse de la Valeur pour l'Eco-Conception. Synthèse d'étude du PRC EcoSD 18.2. 19 pages.**

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

## TABLE DES MATIERES

1. Contexte du projet .....	4
1.1. Enjeux scientifiques et techniques du projet .....	4
1.2. Finalités et Objectifs du projet .....	5
2. Principaux résultats obtenus .....	6
2.1. Synthèse de l'état de l'art .....	6
2.2. Diagnostic industriel .....	6
3. Recommandations .....	10
3.1. Critères et stratégie de choix des éléments méthodologiques.....	10
3.2. Recommandations méthodologiques .....	11
4. Conclusions / Perspectives .....	15
Index des tableaux et figures .....	17
Sigles et acronymes .....	18

## 1. Contexte du projet

Le projet *AVEC – Analyse de la Valeur pour l'Eco-Conception* est un Projet de Recherche Collaboratif (PRC) co-financé par le réseau EcoSD ([www.ecosd.fr](http://www.ecosd.fr)) et l'ADEME. Le projet a été soumis et sélectionné dans l'appel à PRC 2018 du réseau EcoSD, par un consortium de membres du réseau EcoSD mené par CentraleSupélec (François Cluzel, Olivier Pialot) et la Direction Générale de l'Armement (DGA, Fabien Michelin et Marc Janin). Le projet a démarré en octobre 2018 pour s'achever au printemps 2020.

Le projet vise à investiguer les liens entre les méthodes et outils d'Analyse de la Valeur et d'Analyse Fonctionnelle d'un côté, d'Eco-Conception et d'Analyse de Cycle de Vie de l'autre, et à identifier comme les premiers peuvent servir au mieux les finalités de l'éco-conception, à savoir minimiser l'impact environnemental d'un produit ou service sur l'ensemble de son cycle de vie.

### 1.1. Enjeux scientifiques et techniques du projet

Le projet AVEC (Analyse de la Valeur pour l'Eco-conception) est issu des réflexions engagées lors de l'Atelier EcoSD de mars 2018. Lors de cet atelier, il a été fait le constat par plusieurs participants présents, académiques et industriels, qu'il y aurait un intérêt mutuel à travailler sur les approches d'Analyse de la Valeur (AV) et d'Analyse Fonctionnelle (AF) (voir par exemple et parmi d'autres normes NF EN 12973:2000) au service de l'Eco-Conception (EC) et de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV). Il semble aujourd'hui exister différentes approches, certaines citées par des chercheurs ou industriels présents lors de l'atelier, pour lier les deux domaines, trop souvent décorrélés. Citons par exemple l'approche DECADIESE développée entre autres avec Vinci Construction pour recentrer la construction ou la rénovation de bâtiments autour de la durabilité et la valeur pour l'utilisateur (Cluzel et al. 2017). L'approche est construite en particulier autour de fonctions d'usage génériques et inhérentes à tout bâtiment, utilisées comme référentiel de projection de la valeur, en particulier environnementale (éco-efficience), du bâtiment, pour éviter de procéder à une AF spécifique.

Un état de l'art de ces approches et leur illustration sur des cas d'étude serait déjà une première étape valorisable pour plusieurs acteurs du réseau, mais le projet proposé ambitionne d'aller plus loin. La DGA, qui propose de porter le projet avec CentraleSupélec, est particulièrement intéressée par la thématique pour évaluer les impacts environnementaux et économiques des briques fonctionnelles en phase amont de conception afin de nourrir le processus de décision. Il s'agit de réintégrer en AV/AF des scénarios d'usage (utilisation en conditions opérationnelles) et de fin de vie (démantèlement et dépollution) réalistes et de les étudier au regard de l'impact environnemental des systèmes conçus. A l'heure actuelle, la priorisation des fonctions d'un système à satisfaire est bien réalisée dès les phases amont de la conception (via l'expression du besoin des utilisateurs : les forces). Cependant, la mise en perspective de ces fonctions vis-à-vis des coûts d'usage (liées aux taux de disponibilité du matériel, aux modifications à mi-vie, à la maintenance, à la logistique, à l'usage de consommables, à la gestion des cas d'obsolescences...) et des impacts environnementaux liés aux phases d'utilisation et de fin de vie n'est pas entreprise. Il s'agit donc d'explorer les méthodes et outils permettant cette remontée d'information dans un processus d'AV/AF et d'aboutir à une meilleure prise en compte de la dimension environnementale lors de la spécification de systèmes industriels.

Par ailleurs, l'AV/AF peut également aider à mieux structurer les démarches d'évaluation environnementale, et en particulier l'ACV, sur des produits multifonctionnels. EVEA, partenaire du projet, a recensé plusieurs questionnements d'industriels sur le couplage entre AV/AF et EC/ACV et s'interroge donc sur le couplage des deux approches par des outils ou indicateurs pertinents. Le Groupe PSA s'intéresse également à ce sujet en l'appliquant à l'électrification des véhicules (analyse des coûts de batteries) et de fin de vie (recyclage et seconde vie). Enfin, la participation d'Orange permet de porter la réflexion non pas seulement sur de gros systèmes industriels, mais également sur des produits moins complexes comme les emballages de boxes internet ou décodeurs TV dont les ACVs pourront être mises à disposition.

Le champ proposé est donc vaste. Selon les secteurs industriels, les besoins des entreprises pour de telles méthodes peuvent revêtir des natures et objectifs très différentes. Le champ nécessite donc d'être exploré pour tout d'abord recenser les approches existantes, leurs champs d'application et de validité, puis proposer des évolutions et adaptations pertinentes au regard des besoins des industriels partenaires.

Pour cela, il nous semble tout à fait opportun d'associer à ce projet un expert en Analyse de la Valeur. Olaf de Hemmer Gudme (Valeur(s) et Management, membre du conseil d'administration et ancien président de l'Association Française pour l'Analyse de la Valeur (AFAV)) apportera son expertise et son réseau, représenté par un ouvrage récent (De Hemmer Gudme & Poissonier 2017). Sa contribution permettra d'orienter les recherches et de créer des liens pour d'éventuels travaux ultérieurs avec la communauté française d'Analyse de la Valeur.

## 1.2. Finalités et Objectifs du projet

Le projet AVEC est né d'un besoin exprimé par certains industriels et académiques du réseau EcoSD de défricher le champ de l'AV/AF au service de l'Eco-Conception et l'ACV. Ce constat est mutuellement partagé puisque des contacts récents avec des experts en Analyse de la Valeur ont également soulevé ce besoin. Au regard de ces éléments, les membres du projet proposent de traiter les objectifs suivants :

### 1. Objectif 1 : Réaliser un état de l'art des approches existantes

Il ressort de ces constats que l'objectif premier du projet AVEC est de réaliser un état de l'art détaillé des approches existant dans la littérature et des pratiques de l'industrie liant les deux domaines. La contribution de Olaf de Hemmer Gudme et potentiellement de son réseau d'experts en Analyse de la Valeur permettra d'accompagner les recherches bibliographiques. Par ailleurs certaines démarches pertinentes au regard du périmètre fixé ont été développées ou ont été portées à la connaissance de membres du réseau. Ces démarches, ainsi que celles jugées les plus pertinentes, feront l'objet d'une documentation plus précise qui fait l'objet du second objectif.

### 2. Objectif 2 : Identifier les besoins des partenaires industriels et documenter les approches les plus pertinentes (fiches méthodologiques et cas d'étude)

Dans la continuité du premier objectif, une étude sera menée pour identifier auprès des partenaires industriels du projet (DGA, PSA, Orange EVEA, Vinci via Christophe Gobin, et plus généralement les industriels du réseau intéressés) les besoins en terme de méthodes autour de l'AV/AF et l'EC/ACV, qui peuvent revêtir des objectifs de nature très diverses. Sur cette base seront sélectionnées les 5 à 10 approches de la littérature jugées les plus pertinentes, qui seront synthétisées sous forme de fiches méthodologiques illustrées par des cas d'étude préexistants.

### 3. Objectif 3 : Adapter/développer une ou des approches méthodologiques

A partir des besoins des industriels et de l'état de l'art réalisé, et en parallèle de l'objectif 4, des propositions (adaptation, hybridation, développement) méthodologiques seront réalisées.

### 4. Objectif 4 : Tester les propositions méthodologiques sur des cas d'étude industriels

Les propositions méthodologiques de l'objectif 3 seront testées et validées sur des cas d'étude industriels (2 à 4, par exemple : spécification de systèmes complexes (DGA), construction durable (Vinci), batteries automobiles (PSA), emballages (Orange) et l'ensemble sera documenté. La faisabilité des approches sera testée selon plusieurs aspects :

- Est-ce faisable en pratique ? Les approches proposées s'intègrent-elles de manière satisfaisante dans les processus de conception des entreprises (disponibilité des données, adéquation des moyens (coût et temps), etc.) ?
- Est-ce pertinent ? : Quelle valeur apporte une telle analyse par rapport à l'effort consenti ? Obtient-on de meilleurs résultats et suivant quels critères ? L'approche permet-elle de mieux innover, de se différencier ?

### 5. Objectif 5 : Capitaliser l'état de l'art, les verrous scientifiques et les avancées effectuées et dresser les perspectives

L'ensemble des travaux prendra la forme d'un guide méthodologique qui permettra d'aboutir à des recommandations et bonnes pratiques pour implémenter les méthodes dans l'éco-conception de systèmes complexes. Ce guide méthodologique permettra de disposer, dans la mesure du possible, de méthodes « clés en main » adaptées d'une part aux systèmes complexes (application chez DGA, Vinci et Groupe PSA par exemple) et aussi aux produits plus simples (application chez Orange ou auprès de clients ou partenaires d'EVEA ou du Pôle National Eco-Conception). Des perspectives de recherche seront identifiées pour éventuellement permettre la soumission d'autres projets de recherche (par exemple ANR).

## 2. Principaux résultats obtenus

### 2.1. Synthèse de l'état de l'art

Pour débiter le Projet AVEC, un état de l'art sur l'intégration des aspects environnementaux en conception a été mené. Sur l'ensemble des travaux étudiés, il ressort une difficulté certaine d'application des résultats issus de la littérature en phase amont de conception : certains travaux sont assez théoriques (non appliqués sur un cas concret), d'autres requièrent une ACV (ce qui les destinent à des phases plus en aval de la conception) ou sont associés au QFD (démarche de conception différente de la pratique de l'AF et AV). C'est par exemple le cas de la méthode « Ecovalue analysis » (Oberender & Birkhofer, 2004) pour laquelle il avait été observé qu'une grande limitation résidait dans la quantification des impacts environnementaux avec l'usage de l'Eco-Indicator 99 qui ne me semble pas compatible avec le volume des données à collecter, en amont, et pour des systèmes très complexes.

Récurrents dans les discussions, les risques d'impacts environnementaux sont apparus comme un angle sous lequel reconsidérer le processus de conception. Au début des années 2000 est apparue l'approche E-FMEA (Lindahl 1999, 2001 ; Yen & Chen, 2005) qui considère l'AMDEC non pas comme l'identification des risques potentiels de défaillances d'un système mais comme une méthode faisant émerger les points clés de la performance environnementale dans un usage nominal. C'est dans cette veine que AMDECO (approche qualitative faisant le lien entre AMDEC et éco-conception développée par Serge Rohmer) (Rohmer & Younsi, 2009) a été conçu : le but est de faire des recommandations environnementales à partir de la caractérisation du Ecological Risk Priority Number (ERPN) de flux ou d'activités. Si AMDECO est centré sur les process d'un site de production, cette logique E-FMEA pourrait être reprise dans le cadre de la conception d'un nouveau système répondant à un Cahier des charges, avec des outils méthodologiques supplémentaires venant en support. En effet, prévenir les impacts environnementaux en les regardant comme des risques potentiels est une manière de faire de l'écoconception dès les phases amont de conception, sans attendre l'analyse de cycle de vie qui intervient tout en aval.

### 2.2. Diagnostic industriel

L'analyse des questionnaires auprès des industriels permet de préciser les contextes et besoins différents autour de ce projet AVEC, les différences de pratiques et enjeux tant en termes de processus de conception incorporant Analyse Fonctionnelle et Analyse de la Valeur, qu'en termes d'Eco-Conception et prise en compte des aspects environnementaux. Le Tableau 1 présente les contextes et besoins pour chaque industriel.

<p><b>Groupe PSA</b></p>	<p>PSA s'intéresse au Projet AVEC au regard de 3 cas inhérents aux nouvelles tendances technologiques:                      Cas1 / Chaîne de valeur de la batterie (transfert de valeur du constructeur vers un fournisseur, scénario EOL : seconde vie de la batterie, recyclage, matière noble à réutiliser ...)                      Cas2 / on essaie de changer de Business model, de changer la manière de faire de la valeur (Service Free2move) &gt;&gt; une équipe de maintenance vient chercher le véhicule, le charge, le nettoie et le repositionne là où il faut. Comment on évalue ce changement dans la chaîne de valeur ?                      Cas3 / Analyse de cycle de vie de la donnée : un smartphone à l'échelle d'une voiture                      Les grands questionnements derrière ces 3 cas sont la modélisation des nouveaux espaces de valeur (identification de valeurs de services multi-usages, chaîne de valeur et scénarios d'usage intégrant de nouveaux acteurs) en intégrant l'environnement : Quelles méthodes adopter ? Les travaux de Olivier Guyon porte sur le service de partage de véhicule électrique "Free2move" avec les scénarios B2B et B2C pour satisfaire à la fois attractivité et impact environnemental.</p>
<p><b>Orange</b></p>	<p>Orange a l'enjeu dans le projet AVEC de définir les multiples usages de la LiveBox (produit multi-usages), c'est-à-dire de tracer les usages potentiels d'un produit qui a pour principal fonction de donner un point d'accès à un flux de données, pour l'élaboration d'un Brief Marketing in fine. Dans ce projet, Orange vise à apprendre tout ce que peut apporter AF-AV avec des exemples venant d'ailleurs.</p>

<b>RTE</b>	RTE cherche à définir quelles spécifications doivent être intégrées dans leur Cahier des charges dans l'optique de concevoir les futurs systèmes auxiliaires, qui prendraient en compte les aspects environnementaux, la fiabilité et la facilité de maintenance dans le temps.
<b>DGA</b>	La DGA vise à définir les manières d'intégrer les aspects environnementaux au sein des projets de conception à venir, dès les phrases amont, et d'inclure cette notion dans la procédure interne de conception/développement de systèmes.
<b>Vinci Construction France</b>	Vinci Construction France/M. Gobin s'interroge sur les bonnes pratiques de spécifications dans les bâtiments, qui prendraient en compte les aspects environnementaux.

Tableau 1. Contexte et besoins des cas industriels étudiés

Le Tableau 2 présente les différences de pratiques et de processus de conception. Il ressort de cette analyse un point commun majeur dans cette étude, à savoir une même configuration : les entreprises concernées (sur les cas traités) élaborent le cahier des charges alors qu'elles ne sont pas conceptrice-productrice du produit. Cette configuration spécifique du donneur d'ordre qui essaie d'optimiser son cahier des charges va structurer les propositions de pistes de solutions envisagées par la suite.

Le Tableau 3 présente les pratiques d'Eco-Conception et de prise en compte des aspects environnementaux.

L'analyse des besoins et pratiques des industriels a en outre fait émerger 3 problématiques distinctes pour le projet AVEC :

- Comment prendre en compte les aspects environnementaux en conception (au sein d'une démarche AF et AV) et en considérant les spécificités d'une entreprise donneur d'ordre mais non conceptrice-productrice ?
  - Quelles sont les possibilités « techniques » d'intégrer les aspects environnementaux dans AF et AV ? Quelles possibilités dans le processus spécifique suivant les contextes ?
- Comment stratégiquement amener à systématiquement prendre en compte les aspects environnementaux en conception de systèmes, même lorsque la politique de l'entreprise n'est pas pro-active ?
  - Quelles sont les parties prenantes à impliquer ? Qui sont les relais, les alliés ? Quels sont les sujets/points de convergence ? Les notions pour élargir le spectre des considérations ?
- Comment gérer le problème de ressources humaines du Métier Eco-conception ?
  - Sous quel angle/quelle forme intégrer les aspects environnementaux dans AF et AV ? Quelles ressources cela nécessite ? Qui fait quoi ? Comment amener différents acteurs à contribuer à la prise en compte des aspects environnementaux en conception ?

A l'issue de cet état de l'art et de ce diagnostic industriel, de multiples séances de travail avec les partenaires du consortium ont permis de mener des réflexions approfondies, en particulier autour d'un cas fourni par la DGA (en partie confidentiel) et complété par des réflexions élargies sur un cas non confidentiel. Les recommandations méthodologiques d'outillage d'un processus d'Analyse de la Valeur sont reproduites ci-dessous. Le lecteur se reportera au rapport complet pour plus de détails.



<b>Groupe PSA</b>	(Nous n'avons pas rencontrés les interlocuteurs permettant de décrire le processus de conception de PSA.)
<b>Orange</b>	<p>Le processus suit les étapes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. le marketing réalise le brief marketing (expression de besoin au niveau des usages)</li> <li>. les équipes techniques traduisent ces expressions de besoin de services en besoin fonctionnel et technique. Les industriels fournisseurs peuvent être consultés ; il est visé principalement des solutions normalisées et interopérables (Wifi...) et le respect de la réglementation (obligation de mode veille, matériaux...)</li> <li>. Aller/retour entre Orange et l'industriel retenu pour sur les choix des composants pour remplir les fonctions &amp; besoins du service. Au sein d'Orange Lab, il existe les compétences pour évaluer &amp; tester les performances des composants clés des box (Wifi, ASIC...).</li> </ul> <p>Difficulté : trouver des points de convergence entre Orange et le fournisseur, et s'assurer que les performances des composants seront bien à la hauteur des espérances</p>
<b>RTE</b>	<p>Chez RTE, les Cahiers des charges sont adaptés d'une génération à l'autre par un binôme technicien/acheteur au regard des changements de législation et des retours d'expérience, et avec de nouvelles fonctions. Il est possible de réduire certaines exigences et de tendre vers une conception au plus juste. L'idée est d'ajouter des "points de passage" obligatoire au regard des études réalisées par RTE sur les composants, sur la compatibilité/couplage des composants entre eux (notamment sur la problématique Chaleur), dans différents contextes et en visant une temporalité long terme et une maintenance minimisée et facilitée.</p> <p>Difficulté : comment intégrer ces "points de passage" obligatoires tout en respectant les règles des appels d'offre.</p>
<b>DGA</b>	<p>Dans un projet suivi par la DGA, 1/ les forces définissent les besoins de systèmes au regard de scénarios de mission, 2/ les besoins sont traduits en Cahier des charges fonctionnelles au sein de la DGA avec le support d'un animateur méthodes, 3/ un architecte système définit des premières alternatives de solutions techniques au regard du panorama des technologies potentielles et de leur maturité, 4/ des estimateurs de coûts évaluent les premières alternatives permettant de réaliser une première Analyse de la Valeur de manière à ajuster le cahier des charges, 5/ après quelques boucles d'"ajustement des spécifications", l'appel d'offre peut alors être rédigé et les offres des industriels sont évaluées par l'intermédiaire de grilles d'attribution de points en fonction du niveau atteint (primordial, important, souhaitable).</p> <p>Difficulté: trouver le bon équilibre entre les niveaux de fonctionnalités souhaitées du Cahier des charges et sa faisabilité afin de faire émerger les solutions avec un ratio coût/performance acceptable.</p>
<b>Vinci Construction France</b>	<p>Dans les bâtiments, le processus de conception fait intervenir 3 acteurs : le maître d'ouvrage (commanditaire), le maître d'œuvre (architecte/bureau d'étude), et les entreprises de construction.</p> <p>Aujourd'hui, chacun "réécrit" le cahier des charges suivant sa vision. Le maître d'ouvrage énonce des objectifs de conception, le maître d'œuvre les réinterprète en intégrant ses règles métiers avant que le constructeur ne fasse de même. En d'autres termes, le travail pluridisciplinaire n'est pas habituel, les données non suffisamment agrégées au cours du processus, et il n'existe pas vraiment un engagement sur les résultats à atteindre. Ainsi, indirectement, le coût de non-qualité est payé par le client (sauf s'il y a un procès pour malfaçon).</p> <p>M. Gobin propose dans plusieurs ouvrages différentes pistes pour une pratique plus efficace :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. un set de fonctions génériques avec un jeu de données explicitées pour chaque phase du projet</li> <li>. une modélisation thermique dynamique (par éléments finis) associé à la conception de chaque bâtiment</li> <li>. une signature des performances effectives de chaque bâtiment revue et corrigée à intervalle régulier</li> </ul>

Tableau 2. Grandes lignes des pratiques actuelles de conception des cas industriels



<p><b>Groupe PSA</b></p>	<p>Dans l'automobile, les normes environnementales sont particulièrement contraignantes: sur les moteurs, les normes imposant des rejets limites d'émissions sont remises à jour très régulièrement (normes EURO 6+ aujourd'hui), pour la fin de vie il existe la directive VHU (Taux de recyclabilité &gt; 85%, taux de valorisation &gt;95%), des objectifs de diminution de Consommation énergétique et d'émission de CO2 à l'échappement associés à des systèmes de pénalités ... mais il n'y a pas d'objectifs à proprement dit sur les critères environnementaux. En termes de spécifications, cela se traduit par des contraintes de masse, ou des objectifs de rendement de moteur par exemple, au-delà du respect des normes en vigueur.</p>
<p><b>Orange</b></p>	<p>La dernière Livebox d'Orange peut être considéré comme écoconçu (petit format, mode veille performant, coque inférieure en plastique recyclé, conception optimisée pour la fin de vie...). Ce produit est le résultat de près de 10 ans de lobbying interne et 3 générations de boxes, mais il n'en demeure pas moins que l'éco-conception doit être vue comme une source de réduction de coût (€) ou au mieux iso coût (cf. les packagings de boxes Orange).</p> <p>Le processus suivi est le suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Rédaction d'un cahier des charges éco-conception sur la base de l'expression de besoin marketing</li> <li>. Analyse de cycle de vie sur les générations précédentes/actuelles de produits (ex. Livebox/décodeurs des générations 2 et 3 lors de la phase de conception de la Livebox 4) pour identifier les matériaux/composants/processus de fabrication avec le plus fort impact environnemental.</li> <li>. Fiche pratique Orange/Eco-systèmes – « Que deviennent une Livebox et son décodeur usagés confiés à Eco-systèmes ? »</li> </ul> <p>Logiciels d'ACV : EIME, Simapro, OpenLCA Utilisés ultérieurement : Granta CES Selector, BoM Analyzer et ResCoM</p> <p>Difficulté : être toujours présent / celui du compromis et du suivi au plus près de l'avancement du produit pour s'assurer que tout au long du développement les recommandations d'éco-conception soient bien prises en compte.</p>
<p><b>RTE</b></p>	<p>Chez RTE, les aspects environnementaux apparaissent comme critères des appels d'offre sur le principe de la mieux-disance avec un bonus associé. Il est demandé une ACV au fournisseur (sous Simapro) avec les réelles valeurs des industriels (et non des données moyenne).</p> <p>Des stratégies environnementales sont développées, avec des actions réparties dans chaque branche.</p> <p>Difficulté : la gestion des changements de pratiques.</p>
<p><b>DGA</b></p>	<p>A la DGA, les aspects environnementaux sont exprimés au sein du cahier des charges techniques sous la forme d'exigences de conception à respecter. L'application de ce cahier des charges est systématique, mais se borne majoritairement à la bonne application par l'industriel maître d'œuvre des dispositions règlementaires. Afin d'appliquer les enjeux environnementaux dans les phases amonts (définition du cahier des charges fonctionnel), une fonction principale "Préserver l'Environnement" est définie, mais son influence reste pour le moment limitée lors de la définition des concepts.</p> <p>Difficultés: 3 difficultés limitent cette ambition: 1/ La mobilisation de données environnementale fiables dans les phases amonts de choix des concept est complexe 2/ les enjeux environnementaux sont difficiles à valoriser vis à vis des forces (qui sont les commanditaires des besoins exprimés) et 3/ le travail de spécification pour un grand nombre de projet nécessite d'importantes ressources humaines pas toujours disponibles.</p>
<p><b>Vinci Construction France</b></p>	<p>Dans le bâtiment, l'approche actuelle prend la forme de la certification HQE qui concernent 14 cibles, mais qui est insuffisant car pour l'obtenir, d'une part il suffit de respecter un certain niveau d'exigence sur certaines cibles seulement, d'autre part il s'agit d'une approche caractérisant davantage les moyens mis en œuvre que la certification de résultats obtenus. Sur la fin de vie, des exigences de démontabilité, réversibilité (solution anticipée permettant d'accueillir indifféremment des logements ou des bureaux, au moyen de modifications minimales) des bâtiments peuvent être ajoutées. Sont utilisés les logiciels d'ACV et celui du CSTB.</p> <p>Difficulté : les performances effectives de chaque bâtiment ne sont pas réellement mesurées. Il est donc difficile de capitaliser et d'améliorer les conceptions. M. Gobin propose une signature de chaque bâtiment avec mesure des performances effectives, revue et corrigée à intervalle régulier au cours du temps.</p>

Tableau 3. Grandes lignes des pratiques actuelles d'écoconception des cas industriels

## 3. Recommandations

### 3.1. Critères et stratégie de choix des éléments méthodologiques

Dans le Cas DGA sur le système roulant, en plus de la problématique générale du Projet AVEC qui consiste à intégrer les aspects environnementaux dans la pratique de l'AF et de l'AV, s'ajoutent une problématique de ressources restreintes du métier écoconception vis-à-vis du nombre de projets à superviser, et une autre sur la réticence des opérationnels à considérer l'environnement.

La première problématique est donc : Comment prendre en compte les aspects environnementaux en conception (en partant de l'hypothèse d'une pratique de l'AF et de l'AV) ? Plus précisément, quelles sont les possibilités « techniques » d'intégrer les aspects environnementaux dans les méthodes de l'AF et AV ? Parmi ces options, quelles possibilités pourraient s'insérer dans le processus spécifique de la DGA ? L'ensemble des travaux présentés dans les sections précédentes ont permis de lister différentes possibilités d'un point de vue méthodologique, et les différents ateliers menés ont permis d'entériner dans la majeure partie ces pistes en même temps qu'ils ont fait émerger des interrogations sur leur mise en œuvre dans le processus de conception. Ces interrogations portent essentiellement sur l'applicabilité, le côté « actionnable », de ces propositions dans le contexte spécifique DGA.

La deuxième problématique s'interroge sur comment stratégiquement amener à systématiquement prendre en compte les aspects environnementaux en conception de systèmes à la DGA ? Plus précisément, quelles sont les parties prenantes à impliquer ? Qui sont les relais, les alliés, pour intégrer les contraintes environnementales dans le Cahier des charges ? Quels sont les sujets/points de convergence de spécifications entre la prise en compte des enjeux environnementaux et les exigences opérationnelles de l'armée ? Quelles sont les notions qui permettraient d'élargir le spectre des considérations et offriraient in fine des opportunités à une meilleure prise en compte de l'environnement ? Impliquer toutes les parties prenantes permet d'élargir le spectre des spécifications qui enrichissent le cahier des charges et en même temps de modifier (un peu) l'équilibre des forces dans la prise de décision. Dans le cas DGA, interroger les services support à la logistique, à la maintenance, à la remise à niveau ou à la phase de retrait de service, et même des utilisateurs ou encore des industriels concepteurs-fournisseurs permettraient de renseigner les scénarios de Situation de vie aujourd'hui très centrés sur les missions de l'armée en opération, de balayer les différentes situations de vie correspondant à l'ensemble des phases du cycle de vie et *in fine* d'ajouter des spécifications prenant en compte les aspects environnementaux notamment. Ensuite, il semble judicieux de verbaliser sous la forme d'un objectif partagé par l'armée un risque d'impact environnemental, de parler de taux de disponibilité plutôt que d'impact d'une mauvaise maintenance par exemple. Un tableau d'équivalence de tendance entre augmentation d'impact environnemental et augmentation d'un autre critère corrélé mais parlant davantage aux opérationnels de l'armée pourrait être développé. Enfin, les différents ateliers et réflexions montrent que considérer les risques de non-robustesse ou le maintien en condition opérationnelle est un bon moyen pour intégrer de nouvelles considérations environnementales dans le cahier des charges. L'ensemble de ces démarches nécessitent cependant davantage de ressources et ont tendance à complexifier la conception.

**Critères de caractérisation retenus : nombre de parties prenantes impliquées autre que l'Armée ; degré de convergence avec les intérêts de l'armée des spécifications environnementales**

La troisième problématique s'interroge sur comment stratégiquement amener différents acteurs à contribuer à la prise en compte des aspects environnementaux en conception à la DGA, palliant ainsi les ressources humaines limitées du Métier Ecoconception ? Plus précisément, sous quel angle/quelle forme intégrer les aspects environnementaux dans l'AF et l'AV de manière efficiente ? Quelles ressources cela nécessite ? Quels sont les contributeurs potentiels pouvant agir en dehors des experts métier de l'écoconception ? Si les contributeurs potentiels sont assez aisés à lister (l'animateur méthodes, l'architecte, l'estimateur de coût, le fournisseur industriel, en plus du métier écoconception), la profondeur des considérations environnementales et leur niveau d'intégration aux outils méthodologiques existants sont deux sujets plus ouverts. En d'autres termes, la profondeur des considérations environnementales peut se traduire par s'assurer du balayage des différentes phases du cycle de vie dans les spécifications, ou par la synthèse de nombreuses ACV sous la forme d'une connaissance proche de celle des estimateurs de coût, et pourrait aller même jusqu'à l'obtention (via de la veille sur les développements en cours voire de développements à proprement dits) de modules/technologies favorables à l'environnement sur étagères. Le niveau d'intégration aux outils méthodologiques existants signifie le degré de présence nécessaire du métier écoconception dans les différentes phases de conception. Cela ne préjuge pas de la quantité de

travail à mener en amont pour aboutir à cette intégration. Ceci peut d'ailleurs constituer un autre critère. La formalisation de fonctions « génériques » par exemple est un moyen de s'assurer de la prise en compte de certains paramètres dans le processus de conception, mais requiert tout un travail d'analyse, de synthèse et de validation en amont (cf. les 7 fonctions d'usage « génériques » d'un bâtiment proposées par Christophe Gobin et utilisées dans le projet DECADIESE (Cluzel et al., 2017)).

**Critères de caractérisation retenus : profondeur des considérations environnementales ; capacité de la tâche à être déléguée ; quantité de travail à mener en amont pour aboutir à un processus intégré**

### 3.2. Recommandations méthodologiques

A partir des pistes identifiées au cours du projet pour intégrer les aspects environnementaux au sein des premières phases de conception (intégrant la pratique de l'AF et l'AV) et des critères d'applicabilité dans le processus de conception actuel de la DGA formalisés ci-avant, il peut être proposé le tableau de synthèse ci-après. Au total, 13 pistes d'action ont été listées et caractérisées (Figure 1) de la manière suivante :

- Numéro de la piste d'action
- Périmètre où la piste d'action intervient
- Intitulé de la piste d'action (avec variantes éventuelles)
- Critère du Nombre de Parties prenantes concernées par cette piste d'action autre que l'armée (de 0 à 5) \_NPP
- Critère du Degré de convergence des Spécifications environnementales avec les intérêts de l'armée (0 si opposition frontale ; 5 si parfaite convergence) \_DCS
- Critère de Profondeur des considérations environnementales (0 si aucune influence sur impact du système conçu ; 5 si influence déterminante sur impact) \_PCE
- Critère de Quantité de travail à mener en amont pour obtenir un processus intégrant la prise en compte des aspects environnementaux (0 si aucune charge de travail en amont ; 5 si effort titanesque nécessaire) \_QTA
- Critère de Capacité de la tâche à être déléguée dans le processus de conception in fine (0 si pas possible de déléguer la tâche ; 5 si la tâche peut être réalisée par une tierce partie que le Métier écoconception) \_CTD
- Acteurs concernés par la réalisation de la tâche dans le processus de conception in fine (acteurs et pourcentage d'implication)
- Résultat agrégé de l'impact sur la conception de la piste d'action considérée vis-à-vis de l'effort à réaliser dans le processus final par le métier écoconception (Résultat agrégé 1 =  $\frac{1}{2}$  NPP + DCS + 2 PCE + CTD) et résultat agrégé auquel sont soustraits les efforts à mener en amont pour mettre en œuvre la piste d'action dans le processus final, notamment par le métier écoconception (Résultat agrégé 2 = Résultat agrégé 1 – QTA)
- Les résultats surlignés en vert nécessitent d'avoir une base de données d'ACV sur le système conçu.

N°	Pistes d'action	nombre de parties prenantes impliquées autre que armée (X1/2)	degré de convergence des Spec. ENVT avec les intérêts de l'armée	profondeur des considérations environnementales (X2)	Outil de travail à mener en amont pour processus intégré	capacité de la tâche à être déléguée in fine	Acteurs concernés	résultat / effort process Avec efforts à mener
1	. S'assurer que AF balaye tout le Cycle de vie (notamment la phase de retrait de service /EOL)	3	4	2	1	3	. Animateur AF/AV 65% Métier Eco-conception 35%	12,5 (11,5)
2	. Introduire 1 fonction Contrainte ENVT « générique »	3	3-4	2-3	1-2	2-3	. Animateur AF/AV 55% Métier Eco-conception 45%	12,5 (11)
3	AF Exigences fonctionnelles élaborées <u>sans</u> base de données ACV	3	3	4	3-4	2	. Animateur AF/AV 40% Métier Eco-conception 60%	14,5 (11)
4	Exigence présentée comme un Résultat d'ACV global à respecter	0	1-2	4	3-4	0	. Animateur AF/AV 5% Métier Eco-conception 95%	9,5 (6)
5	. Introduire l'ENVT au sein de chaque fonction	2	2	2	2	2	. Animateur AF/AV 40% Métier Eco-conception 60%	9 (7)
6	Exigences fonctionnelles élaborées <u>sans</u> base de données ACV	2	2	3-4	3-4	1-2	. Animateur AF/AV 25% Métier Eco-conception 75%	11 (7,5)
7	. Méthodo / formation / sensibilisation des concepteurs à l'ENVT (via l'ACV)	1	4	2-3	2-3	3	. Fournisseur industriel 70% Métier Eco-conception 30%	12,5 (10)
8	. Développement d'une archi / module / composant / techno peu impactants sur étage	1	4	3	5	4	. éco-concepteurs industriels 85% Métier Eco-conception 15%	14,5 (9,5)
9	. s'assurer que le mode de calcul intègre les différentes phases du cycle de vie	3	3-4	1-2	3	4	. Estimateurs de coûts 85% Métier Eco-conception 15%	12 (9)
10	. intégrant un 2 <sup>ème</sup> critère dans l'AV rendant compte des aspects environnementaux	0	1	5	4	0	. Architecte / Animateur AF/AV 5% Métier Eco-conception 95%	11 (7)
11	Pré-AV AV avec un deuxième indicateur prenant en considérations les aspects environnementaux	0	3-4	2-3	0	4	. Architecte / Animateur AF/AV 85% Métier Eco-conception 15%	12,5 (12,5)
12	. Jouer sur don de points ds appel d'offre (bonus-malus, niveau élimin...)	1	3-4	2	1	2-3	. Architecte 50% Métier Eco-conception 50%	10,5 (9,5)
13	Entre Pré-AV et Appel d'offre	1	3-4	3-4	2	2	. Architecte 35% Métier Eco-conception 65%	13 (11)

Figure 1. Synthèse des recommandations méthodologiques pour la DGA



Les remarques sur les pistes d'action sont les suivantes :

- La piste 1 se situe au tout début de l'AF et consiste à consulter les différentes parties prenantes qui permettent de couvrir toutes les phases du cycle de vie du système.
- La piste 2 est proche de la piste 1 dans l'esprit, mais ajoute l'introduction d'une fonction dédiée de type « Préserver l'Environnement » qui permet non seulement d'ancrer les spécifications fonctionnelles correspondant à la consultation des différentes parties prenantes des phases du cycle de vie, mais aussi d'apposer des contraintes « globales » au système comme une masse contenue, l'interdiction d'un type de matériau ... spécifications supplémentaires qui pourraient potentiellement être moins en phase avec les intérêts de l'armée et moins aisées à déléguer car faisant appel à l'expérience du métier écoconception
- La piste 3 est identique à la piste 2 mais avec le background d'une base de données d'ACV qui permet de chiffrer certaines spécifications, de rajouter des contraintes d'impacts environnementaux à respecter sur un ou plusieurs indicateurs
- La piste 4 reprend l'idée d'apposer un objectif de score environnemental à respecter pour l'ensemble du système (dans un périmètre défini, avec des indicateurs définis ...) et ne cherche pas à décrire l'ensemble des fonctions ayant de l'influence sur ce score. En d'autres termes, c'est la stratégie d'exiger un résultat plutôt que de détailler la manière de bien concevoir. La consultation des parties prenantes n'est pas requise mais il semble que cette exigence globale se confronte aux objectifs fonctionnels souhaités par l'armée et cette piste ne peut pas être déléguée par le métier écoconception.
- La piste 5 consiste à considérer les fonctions d'un système et à y insérer des contraintes environnementales. Cette stratégie permet de contraindre au plus près le système pour qu'il prenne en compte l'environnement, mais comparée à la piste 2 il existe le risque de redondance (même contrainte sur plusieurs fonctions) et de trop brider le champ des solutions possibles, le risque de ne pas avoir une vision globale du système (spécifications sur l'ensemble des phases du cycle de vie et globales au système), le risque d'être davantage en confrontation avec les objectifs fonctionnels souhaités par l'armée ou à l'inverse d'être redondant au niveau de la formalisation des critères fonctionnels (le critère fonctionnel « ne pas être bruyant au-delà de X dB » par exemple est cohérent avec le respect des enjeux environnementaux) et le risque que ce travail de spécification ne devienne trop fastidieux.
- La piste 6 est identique à la piste 5 mais avec le background d'une base de données d'ACV qui permet de chiffrer certaines spécifications, de rajouter des contraintes d'impacts environnementaux à respecter sur un ou plusieurs indicateurs.
- La piste 7, qui se situe en dehors du périmètre de l'AF et du Cahier des charges, consiste à sensibiliser les concepteurs de système à l'environnement en les formant à l'écoconception et aux outils d'ACV de manière à ce qu'ils conçoivent leurs futurs produits en étant imprégnés du respect des aspects environnementaux. Il est considéré que cette stratégie existe dans les faits si a minima un membre de l'équipe de conception du fournisseur est capable de réaliser une ACV.
- La piste 8 consiste à faire une veille active sur et/ou à développer des architectures, des modules, des composants ou des technologies peu impactants de manière à obtenir des éléments de solutions respectueuses de l'environnement sur étagère. Cette piste a le mérite d'amener l'écoconception de manière pro-active dans le processus mais nécessite une quantité de travail en amont énorme car les briques proposées doivent non seulement être peu impactantes mais aussi de performance égale ou supérieure à l'existant pour satisfaire les exigences de l'armée.
- La piste 9 propose de s'assurer que dans la pratique de l'AV, le mode de calcul des coûts donnés par les estimateurs de coûts intègre les différentes phases du cycle de vie (coût complet intégrant notamment la maintenance, la remise à niveau et la phase de retrait et non le seul coût d'acquisition).
- La piste 10 consiste à intégrer un 2<sup>ème</sup> critère de rationalisation dans l'AV rendant compte des aspects environnementaux, en plus des coûts. Cette stratégie permettrait a priori les meilleurs résultats d'un point de vue de la maîtrise des impacts environnementaux des solutions puisque les systèmes conçus dans leur globalité passent au tamis de ce critère. Cependant, cette optimisation apparaît comme un effort de conception qui irait in fine à l'encontre de la satisfaction des exigences de l'armée. En outre, cette tâche ne pourrait quasiment pas être déléguée et nécessiterait un travail très important en amont (agréger les connaissances du passé pour avoir des estimations d'impacts de qualité proche de celles des estimateurs de coûts).
- La piste 11 consiste également à intégrer un 2<sup>ème</sup> critère de rationalisation dans l'AV, mais celui-ci serait en quelque sorte co-décidé avec toutes les parties prenantes et aurait pour but de viser l'efficacité de fonctionnement du système (par exemple la masse pour le systèmes roulant), critère qui indirectement nourrit les objectifs de respect des aspects environnementaux (réduire la masse permet de moins consommer d'énergie en mouvement et de moins extraire de matériaux en amont et de moins traiter de matériaux en aval).

- La piste 12 propose de faire un barème d'attribution de points dans l'appel d'offre aux solutions répondant favorablement à des critères fonctionnels « importants » et « souhaitables », au-delà de ce qui est primordial. C'est un moyen de suggérer fortement vers quelle solution on veut aller (en l'occurrence respectueuse de l'environnement) sans pour autant l'imposer, ce qui évite une confrontation « directe » avec les objectifs fonctionnels souhaités par l'armée. Par contre, cette piste ne peut pas être largement déléguée à une tierce partie car elle requiert l'expertise du métier écoconception sur ce qui est attendu et sur ce que les fournisseurs peuvent fournir (notamment en prenant en compte leur trajectoire d'intégration des aspects environnementaux au cours du temps).
- La piste 13 est identique à la piste 12 mais avec le *background* d'une base de données d'ACV qui permet de chiffrer certaines spécifications, de rajouter des contraintes d'impacts environnementaux à respecter sur un ou plusieurs indicateurs.

Les résultats indiqués dans la dernière colonne rendent compte de l'agrégation des 5 critères. Il peut être observé les conclusions suivantes :

- Il n'existe pas de piste « miracle » qui obtiendrait un score au-delà de 16-17 (notation sur 22,5 avec les pondérations)
- Les 3 pistes offrant les meilleurs résultats requièrent de se doter d'une base de données ACV.
- Parmi les pistes actionnables très rapidement, la piste d'action 1 ou 2 peut être engagée au niveau de l'AF et la piste 11 au niveau de l'AV. La piste 12 pourrait également être intéressante pour compléter les spécifications « dures » par des incitations qui au cours du temps, subtilement, amèneraient les industriels à prendre davantage en considération les aspects environnementaux.

#### Recommandations court-terme à mettre en place :

La stratégie à court terme et à moindre effort consiste à compléter l'espace vide, en se positionnant sur les questions en dehors du périmètre des opérations. Les Pistes 1 ou 2 permettent de compléter le Cahier des charges avec des spécifications relatives à toutes les phases du cycle de vie, y compris la phase de retrait de service. La Piste 11 permet de se décentrer d'une rationalisation de la conception ne visant que le seul coût, ceci en intégrant un critère d'efficacité de fonctionnement/construction, ce qui va dans le sens d'une prise en compte des aspects environnementaux, de manière indirecte. La Piste 12 permet d'inciter à réaliser une conception plus vertueuse d'un point de vue environnemental, mais sans contraindre (avec les niveaux fonctionnels « importants » et « souhaitables », au-delà de ce qui est primordial). Ce qui nécessite un peu plus de travail mais qui est accessible à ce stade est de compléter les bases de données des estimateurs de coûts pour que le mode de calcul des coûts aboutisse à un coût complet et non à un coût d'acquisition. (Piste 9)

#### Recommandations moyen-terme à mettre en place :

Un verrou structurel à la prise en compte des aspects environnementaux en conception est le recueil d'ACV. C'est d'abord le moyen de légitimer l'expertise du Métier écoconception au-delà du respect de certains aspects normatifs comme *REACH*. C'est ensuite la possibilité de faire de l'estimation d'impacts environnementaux dans les phases amont de projet, ce qui est très utile comme nous allons le voir ci-après.

Pour avoir des données ACV, une pré-étude pourrait être réalisée ou des stagiaires pourraient être sollicités, mais il semble stratégique d'associer les industriels concepteurs et fournisseurs de solutions à réaliser cette évaluation environnementale. Faire une ACV de sa solution est un moyen d'avoir en interne des compétences en éco-conception/environnement, au-delà des sensibilisations, formations et guidelines suggérées. L'attribution de nombreux points dans l'appel d'offre (Piste 12) pour la réalisation de l'ACV de sa solution semble un bon support. Cette sollicitation (demander une ACV de chaque solution) pourrait être effective à très court terme (Recommandation court terme si une telle trajectoire de montée en connaissances en ACV est retenue). Pour le Métier écoconception, procéder ainsi permettrait de capitaliser à plus long terme une base de connaissance sur les impacts environnementaux des différents modules, et de se constituer une sorte d'abaques d'estimateurs d'impacts environnementaux.

Avoir une base de données ACV est le point de départ de toute une série de recommandations MT :

- Cette base de données ACV servirait d'abord pour donner des niveaux fonctionnels chiffrés à exiger en AF (Piste 3), pour pouvoir apposer des « warnings » sur certaines spécifications pouvant influencer fortement sur l'impact environnemental final (Piste 6), warnings qui serviraient de points d'attention pour accompagner les concepteurs chez les fournisseurs industriels, pour avoir une base d'estimation d'impacts environnementaux lorsqu'il faut



donner un avis d'expert environnemental en AV (demande ciblée dans l'esprit de la Piste 10 ) ou encore pour ajuster et chiffrer l'attribution de points dans l'appel d'offre (Piste 13).

- Ensuite, l'analyse de cette base de données ACV permettrait d'identifier les couplages entre modules (modifier tel dimensionnement du Module A provoque en cascade le surdimensionnement du Module C et telle modification sur le Module D...) et d'aboutir à des modèles paramétriques entre évolution d'une fonction et impacts environnementaux engendrés in fine. Cette compréhension fine de comment se construit la performance environnementale permettrait par exemple de cibler rapidement le périmètre des modifications potentielles engagées par un changement technologique/technique sur un module et donc la performance environnementale induite par ce changement. Mais aussi et surtout, elle permettrait de définir les points d'attention prioritaires pour apposer les spécifications fonctionnelles les plus pertinentes dans le cahier des charges.
- L'identification des spécifications clés pour obtenir des effets positifs sur la performance ACV du système conçu est le point de départ d'un travail de traduction formelle pour que ces exigences deviennent effectives dans le cahier des charges, c'est-à-dire qu'elles soient acceptées par les parties prenantes écrivant le cahier des charges (notamment les opérationnels de l'armée). Il s'agit de présenter les contraintes comme des critères permettant d'améliorer une performance, permettant de respecter une norme, ou d'éviter un risque. Introduire la notion de risque permet d'ouvrir le champ de discussion. De même, le travail d'aller interroger l'ensemble des parties prenantes des phases du cycle de vie (maintenance, phase de retrait ...) permet de se décentrer du seuil point de vue des missions. Le meilleur de ces « stratagèmes » pour intégrer aspects environnementaux dans les spécifications est « l'indicateur masqué » c'est-à-dire celui qui sur-légitime un niveau fonctionnel naturellement attendu, comme minimiser drastiquement la masse.
- Capitaliser sur les modes de spécification pour intégrer aspects environnementaux (indicateur masqué, critère fonctionnel prenant en compte un risque potentiel ...) et sur les effets en termes de performance ACV permet d'obtenir une grille (Importance sur performance ENVT / facilité de spécification). En considérant les macro-fonctions, qui sont récurrentes sur des systèmes de défense, il devient envisageable d'aboutir à des macro-fonctions paramétrées (cela rejoint tout le travail réalisé par M. Gobin et les acteurs du Projet DECADIESE dans le Bâtiment). Une sorte de Cahier des charges « prérempli » dans lequel les enjeux environnementaux sont intrinsèquement pris en compte.

#### Recommandations long-terme à mettre en place :

A plus long terme, lorsque l'intégration des aspects environnementaux au sein de la conception, de la spécification du système à l'élaboration de l'appel d'offre, sera routinisée, le Métier écoconception pourra avoir une stratégie « proactive » : plutôt que d'essayer de spécifier un futur système acceptable du point de vue environnemental pour susciter en réaction une solution pas trop impactante développée par un fournisseur industriel, la stratégie consistera à anticiper les points d'attention technologiques du futur système et à co-développer des briques de solution sur étagères qui soient à la fois performantes et respectueuses de l'environnement. Le document du Cedocar sur l'éco-conception navale qui recueille les pratiques actuelles et futures dans les activités de construction navale civile et militaire, en France et à l'étranger, s'inscrit dans cette logique pro-active (Fauvaud et al., 2011).

## 4. Conclusions / Perspectives

Les résultats du projet ont été et seront valorisés de différentes manières :

- Octobre 2019 : création d'un module « Value Analysis of Complex Systems » au sein de la formation doctorale *Eco-Design of Complex Systems* EcoDoCS'19 (<https://ecodocs2019.sciencesconf.org/>) financée par EcoSD et S-mart, soutenue par la Design Society et organisée par CentraleSupélec, Supméca et AgroParisTech. Cette formation doctorale initiée au sein du réseau EcoSD (Cours Doctoral d'Excellence 4) réunit tous les ans depuis 7 ans 10 à 20 doctorants français et internationaux autour de l'éco-conception de systèmes complexes. Le module sera réitéré dans les prochaines éditions.
- Fin 2020 : les résultats du projet alimenteront deux des 10 séances du cours *Ingénierie de la Conception* (sous la responsabilité de François Cluzel et Flore Vallet) de la nouvelle 3<sup>ème</sup> année du cursus Ingénieur CentraleSupélec (40 étudiants).
- Fin 2020 : date prévisionnelle pour la finalisation du guide méthodologique qui représente l'aboutissement final du projet AVEC.

A l'issue de la dernière phase du projet, les points suivants pourront être abordés :

- Sur la base de ces résultats, la publication d'un article de conférence ou de revue scientifique sera envisagé.
- Il pourra également être envisagé un dépôt de projet plus ambitieux (ADEME, ANR...) après concertation avec les membres du consortium à l'automne 2020.

Les travaux présentés dans ce rapport ont permis d'aboutir un premier ensemble de recommandions méthodologiques émises dans le cadre du cas d'étude DGA complété par le cas d'étude sur l'aspirateur. Ces recommandations sont facilement généralisables à tout processus d'Analyse de la Valeur, du moins dans le contexte commun aux différents industriels du projet AVEC, c'est-à-dire dans le cadre de la spécification d'un produit ou d'un système ensuite transmise à un fournisseur ou prestataire.

La principale perspective de ce travail réside dans l'approfondissement de ces recommandations, leur formulation plus précise pour aboutir réellement à un guide méthodologique dont la publication est prévue fin 2020. Ce guide permettra également de d'explicitier plus en détail les pratiques et attentes des industriels relativement à une démarche d'Analyse de la Valeur au sens large, dans une optique d'Eco-Conception.

## Index des tableaux et figures

### Tableaux

Tableau 1. Contexte et besoins des cas industriels étudiés .....	7
Tableau 2. Grandes lignes des pratiques actuelles de conception des cas industriels .....	8
Tableau 3. Grandes lignes des pratiques actuelles d'écoconception des cas industriels .....	9

### Figures

Figure 1. Synthèse des recommandations méthodologiques pour la DGA .....	12
--	----

## Sigles et acronymes

<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
<b>ACV</b>	Analyse de Cycle de Vie
<b>AF</b>	Analyse Fonctionnelle
<b>AV</b>	Analyse de la Valeur
<b>AVEC</b>	Analyse de la Valeur pour l'Eco-Conception
<b>DGA</b>	Direction Générale de l'Armement
<b>EC</b>	Eco-Conception
<b>EcoSD</b>	Le Réseau EcoSD est une association loi 1901 dont le but principal est de favoriser les échanges entre chercheurs, entre industriels et entre chercheurs et industriels, afin de créer et diffuser les connaissances dans le domaine de l'Eco-conception de Systèmes pour un Développement durable (EcoSD) en France, et au-delà de faire reconnaître l'expertise française en EcoSD à l'international.

## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME  
20, avenue du Grésillé  
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)