



HAL
open science

Ecoconception des bâtiments : pratiques actuelles et freins à l'utilisation des outils d'écoconception - Une étude en France

Guillaume Lamé, Yann Leroy

► **To cite this version:**

Guillaume Lamé, Yann Leroy. Ecoconception des bâtiments : pratiques actuelles et freins à l'utilisation des outils d'écoconception - Une étude en France. 14e colloque AIP PRIMECA, Mar 2015, Aimé La Plagne, France. hal-01184091

HAL Id: hal-01184091

<https://hal.science/hal-01184091v1>

Submitted on 12 Aug 2015

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.

Ecoconception des bâtiments : pratiques actuelles et freins à l'utilisation des outils d'écoconception

Une étude en France

Guillaume Lamé, Yann Leroy
Laboratoire de Génie Industriel

Ecole Centrale Paris

Grande Voie des Vignes

92290 Châtenay-Malabry

Guillaume.lame@student.ecp.fr , Yann.leroy@ecp.fr

Résumé— Alors que l'environnement prend une place croissante dans les stratégies d'entreprise et que la réglementation se fait plus exigeante, l'écoconception n'est pas encore une pratique généralisée. En particulier, les outils d'écoconception, largement développés, ne sont pas aussi largement diffusés qu'on pourrait l'attendre. Cette situation est notamment vraie dans le secteur du bâtiment. Cette étude vise à identifier les raisons de cette faible utilisation des outils d'écoconception disponibles. Pour y parvenir, deux séries d'entretiens de professionnels sont réalisées.

Mots-clés— écoconception, bâtiment durable, analyse de cycle de vie

Introduction

Le développement durable est un enjeu majeur pour les sociétés actuelles, souligné depuis le rapport Brundtland de 1987 [1]. Sa part environnementale a été mise en avant par les rapports du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du climat de 1990 et 1995 [2][3]. En France, cette dimension environnementale a été inscrite dans la loi suite au « Grenelle de l'Environnement » [4].

Responsable d'une part importante des impacts environnementaux en France, le secteur du bâtiment est fortement concerné par ce sujet. A titre d'exemple, l'article 4 de la loi Grenelle 1 stipule que l'Etat se fixe comme objectifs qu'à compter de la fin 2012, les permis de construire ne soient accordés que pour des constructions neuves qui « présentent une consommation d'énergie primaire inférieure à un seuil de 50 kilowattheures par mètre carré et par an en moyenne » [4]. Cette même loi pose l'objectif de ne délivrer les permis de construire qu'aux bâtiments ayant une production d'énergie primaire supérieure à leur consommation à l'horizon 2020.

L'écoconception, définie par l'ISO comme « l'intégration des aspects environnementaux dans la conception et le développement de produits » [5], est une réponse à cet enjeu. Pourtant, les industriels du bâtiment rencontrent de nombreuses difficultés dans son déploiement. Tous secteurs confondus, les outils proposés sont nombreux et semblent pourtant peu utilisés [6]. Les outils d'écoconception sont un aspect important de la démarche d'écoconception. Cette étude vise à comprendre les limites à leur déploiement. Un aperçu des outils disponibles est

proposé. Une revue des freins à l'écoconception est ensuite donnée, avant de se concentrer sur le secteur du bâtiment pour examiner les freins spécifiques. Une enquête auprès de professionnels permet d'enrichir cette revue et de faire émerger des freins à l'implémentation des méthodes actuellement proposées.

Revue de littérature

Les outils d'écoconception : définitions

Baumann et al. définissent les outils d'écoconception comme « tout moyen systématique pour gérer les aspects environnementaux pendant le processus de développement de produit. » [7] Avec cette définition, ils comptabilisent 150 outils d'écoconception dans la littérature en 2002. Certains sont destinés à intégrer l'environnement pendant la rédaction des exigences [8], d'autres à évaluer la possibilité de retraitement d'un produit [9].

En se limitant au secteur du bâtiment, les outils sont encore nombreux. En 2004, L'Annex 31 de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) a comptabilisé 133 outils dans 14 pays [10]. Leurs objectifs sont variés, par exemple réduction des déchets de construction [11], intégration de matériaux recyclés [12] ou amélioration de la performance énergétique [13].

L'AIE propose de classer les outils liés à l'énergie en grandes catégories [14]. La première comprend les logiciels interactifs, avec comme sous-catégories les logiciels d'analyse de cycle de vie (ACV) et ceux de simulation énergétique et de ventilation. La seconde comprend les outils passifs, avec les référentiels d'évaluation, les guidelines et checklists, et une sous-catégorie comprenant les déclarations environnementales de produits, les catalogues, les certifications et les labels.

Dans le champ de recherche lié à l'architecture et dans celui de l'architecturologie, des outils sont aussi développés. Ils visent notamment à l'optimisation de l'orientation des bâtiments [15], à la génération par algorithmes génétiques de formes d'enveloppe [16], à la proposition de *patterns* (au sens de Christopher Alexander, [17]) pour optimiser l'impact d'un bâtiment en fonction des contraintes qui lui sont imposées [18].

Cette description non exhaustive montre la grande variété des outils disponibles pour les concepteurs. Pourtant, leur utilisation est loin d'être généralisée.

L'utilisation des outils d'écoconception

A notre connaissance, peu d'études ont spécifiquement étudié le déploiement des outils d'écoconception dans le bâtiment. Leroy et al. ont montré que l'ACV était peu utilisée dans le secteur en France [19]. En élargissant à tous les secteurs industriels, quelques enquêtes ont étudié ce sujet depuis 2006 dans l'Union-Européenne. Leurs résultats sont donnés dans le tableau 1.

Réf.		Nb de réponses	Pays	Pratique de l'écoconception par les entreprises répondant
[20]	T	373	FR	33% ont au moins essayé
[21]	Q	42	FR	50% l'ont expérimentée
[22]	Q+I	93	R-U	43-52% la pratiquent « souvent » ou « très souvent » (suivant l'étape du processus de conception)
[23]	Q	69	FR	36% l'utilisent sur plus de 20% des produits

Tableau 1. ETUDES SUR LE DEPLOIEMENT DE L'ECOCONCEPTION (T : TELEPHONE, Q : QUESTIONNAIRE EN LIGNE OU PAPIER, I : INTERVIEW)

Ces chiffres montrent que l'écoconception est encore en phase de déploiement. Pourtant, le concept n'est plus neuf et la réglementation se fait de plus en plus sévère. Une étude franco-canadienne récente sur 119 entreprises ayant appliqué l'écoconception sur au moins un produit a également montré que l'écoconception serait bénéfique pour la rentabilité [24]. Comment alors expliquer ce faible niveau d'implémentation ?

La complexité des outils [8], l'expertise nécessaire à leur utilisation [25], des bénéfices peu clairs [6] ou la difficulté à trouver l'information nécessaire à l'utilisation des outils [26] ont été avancés comme explications à l'utilisation limitée des outils d'écoconception dans l'industrie.

Dans le secteur du bâtiment, des freins plus spécifiques ont été identifiés. La prévalence des outils destinés aux ingénieurs par rapport à ceux destinés aux architectes [27] est un premier élément. Beaucoup d'outils sont aussi destinés à l'évaluation, qu'il s'agisse de référentiels ou de logiciels fondés sur l'analyse de cycle de vie. Or cette évaluation se fait essentiellement *ex post facto*, quand le bâtiment a été conçu et non pendant sa conception [28].

Ces éléments tendent à montrer une inadéquation entre les outils proposés et les besoins des concepteurs [6], [29]. Toutefois, l'information liée à l'utilisation des outils et aux freins rencontrés est limitée dans le secteur du bâtiment. La compréhension des usages associés aux outils est faible et ne permet pas d'orienter les développements futurs. Pour pallier à ces limites, une étude auprès de professionnels a été menée.

Méthode

Première phase d'interviews

Le premier élément important est le processus de conception des bâtiments. En France, ce processus est encadré par la loi dite « loi Maîtrise d'Ouvrage Publique » pour tous les contrats publics [30]. Pour comprendre ce processus, une campagne d'interviews semi-dirigées a été menée en 2012 auprès de professionnels. Les détails des interviews sont rapportés dans le tableau 2.

#	Entreprise	Taille		Durée
---	------------	--------	--	-------

1	Assistant à la maîtrise d'ouvrage ¹ indépendant	< 3 p	F	1h30
2	Enseignant-chercheur en architecture		T	1h
3	Consultant en environnement dans le bâtiment	10-50 p	T	1h
4-9	Promoteurs	> 500 p	F	1h30
10&11	Bureau d'études techniques	> 500 p	F	1h20

Tableau 2. PROFILS DES INTERVIEWES DE LA PHASE 1 (F : FACE-A-FACE, T : TELEPHONE)

Deux interviews (2h puis 1h) avec l'interviewé numéro 1 ont permis de valider la cartographie de processus établie à partir des interviews.

Seconde phase d'interviews

Pour compléter cette compréhension du processus de conception, une seconde phase d'interviews a été réalisée en 2014. L'objectif était prospectif, à savoir faire ressortir toutes les pratiques d'écoconception et les freins associés, sans se limiter à une vision préétablie. Les entretiens ont porté sur les sujets suivants :

- Présentation de l'interviewé, de son entreprise et des types de projets auxquels il participe ;
- Relations avec les autres acteurs des projets ;
- Détails sur le rôle de l'interviewé pendant les phases amont : faisabilité, esquisses, conception préliminaire ;
- Implication des futurs usagers dans la conception ;
- Connaissance et utilisation des outils d'écoconception, puis en particulier de l'analyse de cycle de vie (ACV) ;
- Building Information Models (BIM) [31] ;
- Capitalisation et valorisation de l'information générée pendant les projets.

L'ACV a fait l'objet d'un intérêt spécifique car elle est au cœur des évolutions des normes françaises, notamment Haute Qualité Environnementale (HQE) et est considérée comme un outil de référence [25]. Le BIM est un concept de maquette numérique 3D partagée. Il se fonde sur des standards informatiques, et pourrait bousculer l'industrie du bâtiment en introduisant de nouveaux moyens de travail collaboratif et de partage d'information. Les profils des interviewés de la phase 2 sont disponibles en tableau 3.

#	Entreprise	Taille		Durée
---	------------	--------	--	-------

¹ Un assistant à la maîtrise d'ouvrage est un consultant qui aide le maître d'ouvrage, propriétaire du projet, dans sa planification ou sur un sujet spécifique.

1	Conseil environnemental	3-10 p	F	1h15'
2	Conseil bilan carbone	< 3 p	T	1h
3	Conseil urbanisme	> 500	F	1h15'
4	Conseil environnemental	3-10 p	T	30'
5&6	Conseil en promotion immobilière	3-10 p	F	1h15'
7	Assistant à la maîtrise d'ouvrage indépendant	< 3 p	F	1h15'
8	Enseignant-chercheur en architecture		F	1h
9	Enseignant-chercheur en architecture		F	1h
10&11	Cabinet d'architectes	3-10 p	F	1h30
12	Collectivité locale	5000 hab.	F	1h
13&14	BE structure et thermique	10-50 p	F	45'
15	Conseil environnemental	10-50 p	F	1h
16	Promoteur	> 500 p	F	1h15'
17&18	Promoteur	> 500 p	F	1h15'
19	Conseil en écoconception	10-50 p	P	25'

Tableau 1. PROFILS DES INTERVIEWES DE LA PHASE 1 (F : FACE-A-FACE, T : TELEPHONE)

Résultats

Processus de conception de bâtiments

Les entretiens de la phase 1 ont montré que le processus de conception d'un bâtiment est très semblable dans le cas général à celui imposé par la loi MOP dans le cas des marchés publics. Ce processus est représenté en figure 1 au sein du cycle de vie du bâtiment (davantage de détails sont disponibles dans [32]).

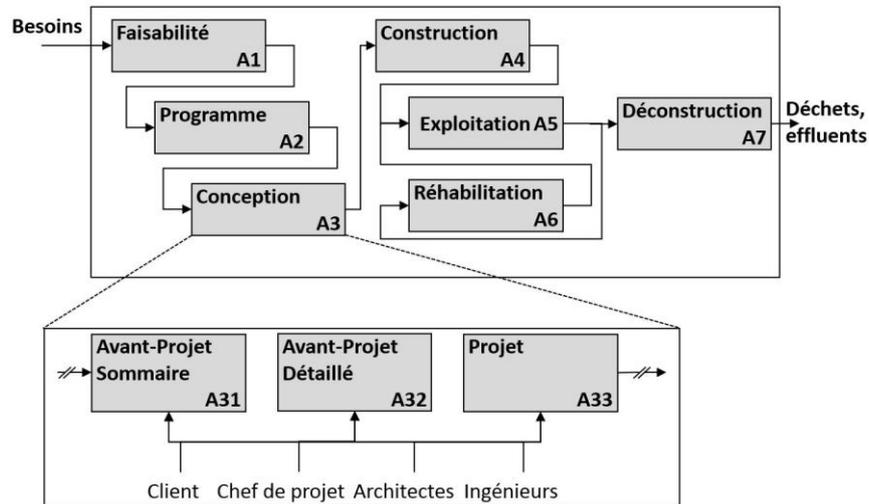


Figure 1. PROCESSUS DE CONCEPTION D'UN BÂTIMENT EN FRANCE (ADAPTÉ DE [19])

Le processus est très séquentiel. Pendant les phases de faisabilité et de programmation, le maître d'ouvrage travaille avec ses assistants : économiste, assistant à la maîtrise d'ouvrage. L'architecte et les bureaux d'études interviennent à partir de la phase d'esquisses et jusqu'à la phase de projet. Les entreprises de construction sont alors choisies.

Trois points sont remarquables :

- La structure du processus ne permet pas aux architectes d'être présents durant la phase de programmation, qui correspond notamment à la rédaction du cahier des charges fonctionnel du bâtiment.
- L'entreprise de construction n'intervient qu'une fois la conception terminée, après la phase de projet.
- Les interviews ont montré que le processus reste inchangé dans les projets plaçant l'environnement comme préoccupation majeure.

Flux d'information et liens entre acteurs

Les interviews de la phase 2 ont permis de représenter le flux d'informations liées à la dimension environnementale pendant la conception d'un bâtiment. Les différents acteurs et les informations communiquées sont représentées en figure 2.

- *Le contraste entre PME et grandes entreprises.* Les PME ont moins de moyens à allouer au développement de méthodologies liées à l'environnement. De leurs côtés, les groupes cotés sont en France tenus de publier un « rapport développement durable » qui conditionne leur notation par les agences extra-financières et les pousse à investir dans les actions environnementales.
- *L'implication des usagers est faible.* Les chefs de projets rédigent les cahiers des charges la plupart du temps en se basant sur des expériences précédentes, mais sans impliquer les usagers futurs. Ceci pose de nombreux problèmes lors de l'implémentation de dispositifs innovants qui nécessitent une adaptation des usages, comme l'a rapporté Renault dans une enquête de terrain [34].

Freins à l'écoconception identifiés

Une liste de freins à l'implémentation de l'écoconception et en particulier au déploiement des outils d'écoconception a été établie à partir des entretiens. Quand ces outils ont été mentionnés, il convient de remarquer que la plupart des personnes interrogées ont spontanément orienté leurs réponses vers l'ACV, que tous connaissent sauf un.

Considérations générales

Si toutes les personnes interrogées affirment prendre l'environnement en compte dans leurs projets, les pratiques varient beaucoup. Elles vont d'adaptations limitées des schémas existants, à un travail spécifique sur certains critères (par exemple la compacité chez les architectes) et à l'introduction de nouveaux outils dans le processus.

Sur les outils, tous les interviewés connaissent la certification française HQE. Néanmoins, tous ne l'appliquent pas. Une minorité l'utilisait comme un cadre de travail sans demander la certification, du fait de la charge administrative ou des choix imposés par le cadre HQE.

Analyse de Cycle de Vie

Deux types de freins ont été relevés pour la généralisation de l'ACV. Les premiers touchent à **l'implémentation de l'ACV** :

- *L'ACV vient trop tard.* Quand les résultats sont connus, modifier le bâtiment est trop coûteux.
- *Les données sont difficiles à obtenir.* L'ACV nécessite de nombreuses données [35]. Pour communiquer sur l'impact d'un produit de construction en France, les industriels doivent rédiger une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). Toutefois, les petits industriels n'en ont pas les moyens. La réponse actuelle à ce problème est de produire des fiches standards, financées par des aides publiques, pour une filière donnée (béton de chanvre ou paille par exemple). Mais les produits innovants, biosourcés par exemple, restent problématiques.
- *Le choix des logiciels et la variabilité.* Plusieurs solutions informatiques existent, ainsi que plusieurs bases de données. Pour les mêmes bâtiments, leurs résultats sont différents [36]. Ceci crée de la confusion et réduit la confiance des utilisateurs.
- *L'ACV coûte cher par rapport aux bénéfices qu'elle apporte.* Toutefois, une tendance à la baisse des coûts de réalisation a été notée par l'un des interviewés.

D'autres freins concernent **la communication autour de l'ACV**, en interne comme en externe à l'entreprise :

- *Pas de demande.* La « valeur client » n'est pas perçue.
- *L'ACV n'apporte pas assez dans les certifications.*
- *Il n'existe pas de références auxquelles comparer ses résultats.* Ceci ne permet pas de positionner les projets, il n'y a pas d'échelle.
- *Les catégories d'impact ne sont pas priorisées.* Sans standard, les décideurs ne savent pas quel critère privilégier si des compromis doivent être faits.

- *Certaines préoccupations importantes ne sont pas incluses.* Il s'agit notamment de la qualité de l'air intérieur et de la biodiversité urbaine locale.
- *La compatibilité logiciel / certifications n'est pas toujours établie.* Par exemple, certains logiciels sont compatibles avec la certification française HQE mais pas avec l'anglais BREEAM, très utilisée pour les immeubles de bureaux en France.

Les **motivations** sont très prospectives : prévoir les évolutions réglementaires et de certifications, développer des méthodologies d'aide à la décision, et offrir plus d'information au client pour se différencier.

Building Information Models

Seul un projet avait été mené en utilisant le BIM chez les personnes interrogées, et il s'agissait d'un bâtiment complexe avec une équipe répartie dans plusieurs pays. Tous attendent du BIM une amélioration du partage de données, une facilitation de la maintenance grâce à des plans mieux conservés et mis à jour, et une amélioration de la productivité en construction. Mais le manque de formation et de méthode commune est un frein. La question de la responsabilité sur les plans partagés a aussi été posée.

Pratiques actuelles

L'écoconception se pratique à partir d'outils « classiques » de simulation solaire, énergétique ou aérodynamique. Des règles heuristiques sont appliquées sur l'orientation puis simulées.

Certains développent des bases de données de matériaux innovants, qui sont un atout et un facteur différenciant pour les AMO environnement.

Beaucoup d'effort est fait sur les aspects énergétiques. Ceux-ci impactent fortement le coût d'occupation des bâtiments, et le développement des Contrats de Performance Énergétique pousse concepteurs et constructeurs à rendre leurs approches plus précises et robustes.

Discussion et conclusion

L'étude de terrain menée a permis d'identifier de nombreux freins au déploiement des outils d'écoconception. Les remarques sur le caractère post-conception de l'ACV rejoignent d'autres travaux [37]. On peut noter qu'alors que de nombreux chercheurs souhaitent intégrer la dimension économique dans les outils d'analyse et d'évaluation [38], [39], ce point n'a pas été mentionné ici.

Le manque d'échelle de référence a été noté dans d'autres études [40]. Quant à la faible utilité de l'ACV au regard des certifications, ce point va être modifié par l'arrivée du nouveau référentiel HQE Performance [41].

Il convient néanmoins de s'interroger sur la concentration des réponses sur l'ACV et l'absence d'autres outils dans les réponses. Des outils sont pourtant développés dans le bâtiment, mais ni implémentés ni même connus. D'autres existent dans l'industrie qui pourraient peut-être être transposés. Pour investiguer ces points, de futurs travaux s'attacheront à l'identification de périmètres non explorés par les outils d'écoconception, ceci afin d'identifier l'opportunité de développement d'outils autres que l'ACV, afin de s'attaquer aux freins relevés pendant cette étude. La représentativité des réponses doit aussi être améliorée, par exemple en recourant à un sondage plus large à partir des points identifiés dans cette étude qualitative.

Références

- [1] Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, Notre avenir à tous - Rapport de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'ONU, présidée par Madame Gro Harlem Brundtland. Oslo, 1987.
- [2] IPCC, "Climate Change - The Intergovernmental Panel on Climate Change Response Strategies," World Meteorological Organization / United Nations Environment Program, 1990.
- [3] IPCC, "IPCC Second Assessment - Climate Change 1995," World Meteorological Organization / United Nations Environment Program, 1995.
- [4] LOI n° 2009-967 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement. 2009.
- [5] ISO, "ISO/TR 14062:2002 - Environmental management — Integrating environmental aspects into product design and development," International Organization for Standardization, Oct. 2002.
- [6] M. Lindahl, "Engineering designers' experience of design for environment methods and tools – Requirement definitions from an interview study," J. Clean. Prod., vol. 14, no. 5, pp. 487–496, 2006.
- [7] H. Baumann, F. Boons, and A. Bragd, "Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives," Integrating Greener Prod. Dev. Perspect., vol. 10, no. 5, pp. 409–425, Oct. 2002.
- [8] M. D. Bovea and V. Pérez-Belis, "A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process," J. Clean. Prod., vol. 20, no. 1, pp. 61 – 71, 2012.
- [9] P. Goodall, E. Rosamond, and J. Harding, "A review of the state of the art in tools and techniques used to evaluate remanufacturing feasibility," J. Clean. Prod., vol. 81, no. 0, pp. 1–15, Oct. 2014.
- [10] IEA Annex 31, "Directory of tools - A Survey of LCA Tools, Assessment Frameworks, Rating Systems, Technical Guidelines, Catalogues, Checklists and Certificates," International Energy Agency - Annex 31 : Energy-Related Environmental Impact of Buildings, 2004.
- [11] M. Osmani, J. Glass, and A. D. F. Price, "Architects' perspectives on construction waste reduction by design," Waste Manag., vol. 28, no. 7, pp. 1147–1158, 2008.
- [12] A. Chick and P. Micklethwaite, "Specifying recycled: understanding UK architects' and designers' practices and experience," Des. Stud., vol. 25, no. 3, pp. 251–273, mai 2004.
- [13] B. Peuportier and S. Thiers, "Des éco-techniques à l'éco-conception des bâtiments," presented at the Journée thématique SFT-IBPSA, Le Bourget du Lac, 2006.
- [14] IEA Annex 31, "Type of tools," International Energy Agency - Annex 31 : Energy-Related Environmental Impact of Buildings, 2004.
- [15] C. Lecourtois and F. Guéna, "Eco-conception et esquisse assistée," in Actes de SCAN09, Nancy, France, 2009.

- [16] P. Marin, X. Marsault, L. E. Mavromatidis, R. Saleri, and F. Torres, "Ec-Co-Gen : an evolutionary simulation assisted design tool for energy rating of buildings in early design stage to optimize the building form," in Proceedings of BS2013, Chambéry, France, 2013.
- [17] C. Alexander, *A pattern language: towns, buildings, construction*. New York: Oxford University Press, 1977.
- [18] V. Gholipour, "Éco-conception collaborative de bâtiments durables," Institut National Polytechnique de Lorraine, Nancy, 2011.
- [19] Y. Leroy, F. Cluzel, T. Zaraket, S. Lasvaux, and M. Bentos, "Integrating LCA-based models into design process for buildings: a study of the existing practices in France," LCM LCM 2013, 2013.
- [20] BVA and ADEME, "Première étude sur le déploiement de l'éco-conception en France et sur les attentes et besoins des entreprises," ADEME, 2010.
- [21] CCI Champagne-Ardenne, "Enquête éco-conception en Champagne-Ardenne," Apr-2014. [Online]. Available: <http://www.veillestrategique-champagne-ardenne.fr/static/pdf/performance-developpement-durable/numero19/enquete-ecoconception-en-champagne-ardenne%283%29.pdf>. [Accessed: 18-Sep-2014].
- [22] P. Deutz, M. McGuire, and G. Neighbour, "Eco-design practice in the context of a structured design process: an interdisciplinary empirical study of UK manufacturers," *J. Clean. Prod.*, vol. 39, no. 0, pp. 117–128, Jan. 2013.
- [23] T. Reyes, "Enquête 2006-2007 Intégration de l'environnement dans la conception des produits," ICD - CREIDD - Université de Technologie de Troyes, Troyes, France, Feb. 2008.
- [24] N. Haned, P. Lanoie, S. Plouffe, and M.-F. Vernier, "La rentabilité de l'écoconception : une analyse économique," Pôle éco-conception; Institut de développement de produits, Montréal, Québec, Canada ; Saint-Etienne, France, Jan. 2014.
- [25] S. Le Pochat, G. Bertoluci, and D. Froelich, "Integrating ecodesign by conducting changes in SMEs," *J. Clean. Prod.*, vol. 15, no. 7, pp. 671–680, 2007.
- [26] N. Bey, M. Z. Hauschild, and T. C. McAloone, "Drivers and barriers for implementation of environmental strategies in manufacturing companies," *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 62, no. 1, pp. 43–46, 2013.
- [27] S. Attia, J. L. M. Hensen, L. Beltrán, and A. De Herde, "Selection criteria for building performance simulation tools: contrasting architects' and engineers' needs," *J. Build. Perform. Simul.*, vol. 5, no. 3, pp. 155–169, Apr. 2011.
- [28] V. I. Soebarto and T. J. Williamson, "Multi-criteria assessment of building performance: theory and implementation," *Build. Environ. Perform. Simulation Current State Future Issues*, vol. 36, no. 6, pp. 681–690, juillet 2001.
- [29] V. Lofthouse, "Ecodesign tools for designers: defining the requirements," *J. Clean. Prod.*, vol. 14, no. 15–16, pp. 1386–1395, 2006.

- [30] Loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'oeuvre privée. 1985.
- [31] B. Succar, "Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders," *Autom. Constr.*, vol. 18, pp. 357–375, 2009.
- [32] M. Bentos, "Vers l'éco-conception de systèmes complexes. Modalités d'utilisation de l'ACV comme outil d'aide à la décision dans un processus de conception de bâtiment.," Laboratoire de Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris, Paris, Rapport de stage, 2012.
- [33] G. Lamé, "Ecodesign of buildings: an analysis of barriers and some perspectives for future development," Master thesis, Ecole Centrale Paris, Châtenay-Malabry, France, 2014.
- [34] V. Renauld, *Fabrication et usage des écoquartiers - Essai critique sur la généralisation de l'aménagement durable en France*, 1 vols. Lausanne, Switzerland: Presses Universitaires et Polytechniques Romandes, 2014.
- [35] J. Reap, F. Roman, S. Duncan, and B. Bras, "A survey of unresolved problems in life cycle assessment," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 13, no. 4, pp. 290–300, juin 2008.
- [36] A. Takano, S. Winter, M. Hughes, and L. Linkosalmi, "Comparison of life cycle assessment databases: A case study on building assessment," *Build. Environ.*, vol. 79, no. 0, pp. 20–30, Sep. 2014.
- [37] D. Millet, L. Bistagnino, C. Lanzavecchia, R. Camous, and T. Poldma, "Does the potential of the use of LCA match the design team needs?," *J. Clean. Prod.*, vol. 15, no. 4, pp. 335–346, 2007.
- [38] G. K. Ding, "Sustainable construction—The role of environmental assessment tools," *J. Environ. Manage.*, vol. 86, pp. 451–464, 2008.
- [39] A. Haapio and P. Viitaniemi, "A critical review of building environmental assessment tools," *Environ. Impact Assess. Rev.*, vol. 28, pp. 469–482, Oct. 2008.
- [40] S. Lasvaux, J. Gantner, B. Wittstock, M. Bazzana, N. Schiopu, T. Saunders, C. Gazulla, J. Mundy, C. Sjöström, P. Fullana-i-Palmer, T. Barrow-Williams, A. Braune, J. Anderson, K. Lenz, Z. Takacs, J. Hans, and J. Chevalier, "Achieving consistency in life cycle assessment practice within the European construction sector: the role of the EeBGuide InfoHub," *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 19, no. 11, pp. 1783–1793, Nov. 2014.
- [41] HQE, "HQE Performance—life cycle assessment—specific rules for new buildings in line with EN 15978 standard, 2012/06/14 version for the HQE Performance 2012 experiment, working group « Environmental Indicators »,," 2012.